



# DISEÑO DE CASOS PRÁCTICOS DE PROCESOS INDUSTRIALES AUTOMATIZADOS APLICADOS A LA DIDÁCTICA DE ASIGNATURAS DE INGENIERÍA

**INGENIERÍA INDUSTRIAL TÉCNICA MECÁNICA  
PROYECTO FIN DE CARRERA**

**David Recaj Fernández  
Mayo 2012**

**Dirigido por:  
Sonia Val Blasco  
Departamento de Diseño y Fabricación  
EUTI, Universidad de Zaragoza**

## **INDICE DEL CONTENIDO**

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>8</b>
<b>3. ANTECEDENTES DE LA ROBÓTICA.....</b>	<b>9</b>
<b>4. BASES DEL PROYECTO.....</b>	<b>10</b>
4.1 ESTRUCTURA LEGOMINDSTORM.....	10
4.1.1 PLACAS, VIGAS Y BLOQUES. ....	10
4.1.2 EJES .....	11
4.1.3 CASQUILLOS .....	12
4.1.4 CLAVIJAS .....	12
4.1.5 RUEDAS .....	12
4.1.6 ENGRANAJES .....	13
4.1.7 CORREAS Y POLEAS.....	13
4.1.8 SENSORES LEGOMINDSTORM .....	14
4.1.9 FUENTE DE ENERGÍA EN LEGOMINDSTORM.....	17
4.1.10 ELEMENTOS DE CONTROL, SERVOMOTORES Y CABLES DE UNIÓN LEGOMINDSTORM.....	18
4.2 PLATAFORMAS DE SOFTWARE LEGO .....	21
4.2.1 LEGO MINDSTORMS NXT Y SUS FUNCIONES.....	21
4.2.2 LEGO DIGITAL DESIGNER .....	36
4.3 SUPERFICIE DE TRABAJO .....	38
<b>5. DESARROLLO .....</b>	<b>39</b>
5.1 PRIMER MONTAJE: VEHICULO DE GUIADO AUTOMÁTICO CON SENSOR DE LUZ.....	39
5.1.1 OBJETIVOS DEL MONTAJE .....	40
5.1.2 CONSTRUCCIÓN DEL EXPERIMENTO .....	40
5.2 SEGUNDO MONTAJE: VEHICULO DE GUIADO AUTOMÁTICO CON SENSOR DE LUZ, TACTO Y SONIDO .....	49
5.2.1 OBJETIVOS DEL MONTAJE .....	50
5.2.2 CONSTRUCCIÓN DEL EXPERIMENTO .....	50
5.3 TERCER MONTAJE: VEHICULO DE GUIADO AUTOMÁTICO CON SENSOR DE LUZ Y ULTRASONIDOS .....	63
5.3.1 OBJETIVOS DEL MONTAJE .....	64
5.3.2 CONSTRUCCIÓN DEL EXPERIMENTO .....	64
5.4 CUARTO MONTAJE: CARRETILLA GUIADA A TRAVÉS DE UNA TRAYECTORIA CON/SIN CARGA (AGV).....	76
5.4.1 OBJETIVOS DEL MONTAJE .....	77
5.4.2 CONSTRUCCIÓN DEL EXPERIMENTO .....	77
5.5 QUINTO MONTAJE: PUENTE GRÚA .....	95
5.5.1 OBJETIVOS DEL MONTAJE .....	96
5.5.2 CONSTRUCCIÓN DEL EXPERIMENTO .....	96
<b>6. RESULTADOS .....</b>	<b>113</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>115</b>

## **INDICE DE LAS ILUSTRACIONES**

Fig.(1.1): Kit LegoMindStorm.	Fig.(1.2): Contenido del Kit.	7
Fig.(3.1.1):Talleres de Ingeniería Mecánica con plataforma LegoMindStorms RIS y ....		9
LegoMindStorm Modelo RIS.		
Fig.(4.1.2.1): Ejemplo Placas LegoMindStorm.....		10
Fig.(4.1.2.2): Ejemplo Vigas LegoMindStorm. ....		10
Fig.(4.1.1.3): Ejemplo Bloques LegoMindStorm.....		11
Fig.(4.1.2.1): Ejemplo Ejes LegoMindStorm. ....		11
Fig.(4.1.3.1): Ejemplo Casquillos LegoMindStorm.....		12
Fig.(4.1.4.1): Ejemplo Clavijas LegoMindStorm.....		12
Fig.(4.1.5.1): Ejemplo Neumáticos y llantas LegoMindStorm. ....		13
Fig.(4.1.6.1): Ejemplo Engranajes LegoMindStorm. ....		13
Fig.(4.1.7.1): Ejemplo Polea y Correa LegoMindStorm. ....		14
Fig.(4.1.8.1): Sensor de contacto LegoMindStorm. ....		14
Fig.(4.1.8.2): Sensor de Luz LegoMindStorm.....		15
Fig.(4.1.8.3): Sensor de Sonido LegoMindStorm. ....		15
Fig.(4.1.8.4): Sensor de Ultrasonidos LegoMindStorm. ....		16
Fig.(4.1.9.5): Algunos Sensores de Hitechnic. ....		16
Fig.(4.1.8.6): Algunos Sensores de MindSensors. ....		17
Fig.(4.1.9.1): Bloque NXT(parte trasera) LegoMindStorm. ....		17
Fig.(4.1.9.2): Ejemplo Energía Mecánica LegoMindStorm.....		18
Fig.(4.1.10.1): Elemento de Control(Bloque NXT) LegoMindStorm.....		19
Fig.(4.1.10.2): Mando de Control LegoMindStorm. ....		19
Fig.(4.1.10.3): Servomotor LegoMindStorm. ....		20
Fig.(4.1.10.4): Motor LegoMindStorm. ....		20
Fig.(4.1.10.5): Elemento de Unión LegoMindStorm. ....		21
Fig.(4.2.1.1): Elemento de Unión LegoMindStorm. ....		22
Fig.(4.2.1.2): Elemento de Unión LegoMindStorm. ....		22
Fig.(4.2.1.2.1): Panel del Bloque de puesta en marcha de los motores.....		23
Fig.(4.2.1.2.2): Panel del Bloque Grabado de movimiento.....		24
Fig.(4.2.1.2.3): Panel del Bloque de Emisión de sonidos.....		24
Fig.(4.2.1.2.4): Panel del Bloque para mostrar imagenes.....		25
Fig.(4.2.1.2.5): Panel del Bloque de espera.....		25
Fig.(4.2.1.2.7): Panel del Bloque de motor. ....		26
Fig.(4.2.1.2.8): Interfaz del Creador de Bloques.....		27
Fig.(4.2.1.2.10): Panel del Bloque de Envío de datos. ....		27
Fig.(4.2.1.2.11): Panel del Bloque de Colores.....		28
Fig.(4.2.1.2.12): Panel del Sensor de tacto.....		28
Fig.(4.2.1.2.13): Panel del Sensor de sonido.....		28
Fig.(4.2.1.2.14): Panel del Sensor de Luz. ....		29
Fig.(4.2.1.2.15): Panel del Sensor de Ultrasonidos. ....		29
Fig.(4.2.1.2.16): Panel de Bloque Botones Nxt.....		30
Fig.(4.2.1.2.17): Panel del Sensor de Giro. ....		30
Fig.(4.2.1.2.18): Panel del Bloque Tiempo. ....		30
Fig.(4.2.1.2.19): Panel del Bloque Recepción de Datos.....		31
Fig.(4.2.1.2.20): Panel del Sensor de Color. ....		31

Fig.( 4.2.1.2.21): Panel de la función Booleana. ....	32
Fig.( 4.2.1.2.22): Panel de la función Matemática. ....	32
Fig.( 4.2.1.2.23): Panel de la función Comparación. ....	32
Fig.( 4.2.1.2.24): Panel de la función Rango de Datos. ....	32
Fig.( 4.2.1.2.25): Panel de la función Random. ....	33
Fig.( 4.2.1.2.26): Panel de la función Variables. ....	33
Fig.( 4.2.1.2.27): Panel de la función Constantes. ....	33
Fig.( 4.2.1.2.28): Panel de la función Mostrar datos. ....	33
Fig.( 4.2.1.2.29): Panel de la función Mostrar texto. ....	34
Fig.( 4.2.1.2.31): Panel de la función Modificar Ficheros. ....	34
Fig.( 4.2.1.2.32): Panel de la función Calibrado. ....	34
Fig.( 4.2.1.2.33): Panel de la función Reseteo de motores. ....	35
Fig.( 4.2.1.2.34): Panel de la función Bluetooth. ....	35
Fig.( 4.2.1.2.35.1): Panel del Bloque Interruptor con control tipo valor. ....	35
Fig.( 4.2.1.2.35.2): Panel del Bloque Interruptor con control tipo sensor. ....	35
Fig.( 4.2.1.2.36): Panel del Bloque Bucle. ....	36
Fig.(4.2.2.1): Software Lego Digital Designer. ....	37
Fig.(4.2.2.2): Building Guide Lego Digital Designer. ....	37
Fig.(4.3): Cuatro partes de 300 mm. x 1000 mm. x 10 mm. ....	38
Plegadas a 300 mm. x 1000 mm. x 40 mm.	
Fig.(5.1): Primer Montaje. ....	39
Fig.(5.1.2.B.B1.1):Piezas para el Montaje de la estructura trasera. ....	41
Fig.( 5.1.2.B.B1.2):Piezas para el Montaje de la estructura delantera. ....	42
Fig.( 5.1.2.B.B1.3):Piezas para el Montaje de la estructura superior. ....	42
Fig.( 5.1.2.B.B2.1): Montaje de la primera parte, apoyo trasero. ....	43
Fig.( 5.1.2.B.B2.2): Montaje de la Segunda parte, apoyo delantero. ....	44
Fig.( 5.1.2.B.B2.3): Montaje de la estructura completa. ....	45
Fig.( 5.1.2.B.B3): Dimensiones del Primer montaje . ....	46
Fig.( 5.1.2.C): Programa para el Primer montaje . ....	47
Fig.( 5.1.2.D): Funcionamiento del Primer montaje . ....	48
Fig.(5.2):Segundo Montaje. ....	49
Fig.(5.2.2.B.B1.1): Piezas para el Montaje de la estructura trasera. ....	51
Fig.( 5.2.2.B.B1.2):Piezas para el Montaje de la estructura delantera. ....	52
Fig.( 5.2.2.B.B1.3):Piezas para el Montaje de la estructura superior. ....	52
Fig.( 5.2.2.B.B2.1): Montaje de la primera parte, apoyo trasero. ....	53
Fig.( 5.2.2.B.B2.2): Montaje de la Segunda parte, apoyo delantero. ....	54
Fig.( 5.2.2.B.B2.3): Montaje de la estructura completa. ....	55
Fig.( 5.2.2.B.B3.): Dimensiones Segundo Montaje. ....	56
Fig.( 5.2.2.C): Programa para el Segundo Montaje. ....	56
Fig.( 5.2.2.C.1.2):Función MyBlock 10 . ....	57
Fig.( 5.2.2.C.1.4): Función MyBlock8. ....	57
Fig.( 5.2.2.C.1.4.7): Función MyBlock6. ....	58
Fig.( 5.2.2.C.1.5): Función MyBlock9. ....	59
Fig.( 5.2.2.C.1.5.3):Función MyBlock3. ....	59
Fig.( 5.2.2.C.1.5.9):Función MyBlock4. ....	60
Fig.( 5.2.2.D.1):Funcionamiento cuando la Primera Base es Negra. ....	61
Fig.( 5.2.2.D.2):Funcionamiento cuando la Segunda base es Blanca. ....	62



Fig.(5.3): Tercer montaje.....	63
Fig.(5.3.2.B.B1.1): Piezas para el Montaje de la parte trasera. ....	65
Fig.( 5.3.2.B.B1.2): Piezas para el Montaje de la parte delantera. ....	66
Fig.( 5.3.2.B.B1.3): Piezas para el Montaje de la parte superior.....	66
Fig.( 5.3.2.B.B2.1): Montaje de la primera parte, apoyo trasero.....	67
Fig.( 5.3.2.B.B2.2): Montaje de la segunda parte, apoyo delantero.....	68
Fig.( 5.3.2.B.B2.3): Montaje de la estructura completa. ....	69
Fig.( 5.3.2.B3.): Dimensiones del tercer montaje.....	70
Fig.( 5.3.2.C): Programa del tercer montaje. ....	70
Fig.( 5.3.2.C.4): Programa de la función MyBlock12.....	71
Fig.( 5.3.2.C.4.4):Programa de la función MyBlock13.....	71
Fig.( 5.3.2.C.4.5):Programa de la función MyBlock14.....	72
Fig.( 5.3.2.C.5): Programa de la función MyBlock16.....	73
Fig.( 5.3.2.D.1): Funcionamiento si encuentra un obstáculo tras la primera base. ....	74
Fig.( 5.3.2.D.2):Funcionamiento si encuentra un obstáculo tras la segunda base.....	75
Fig.(5.4):Cuarto Montaje.....	76
Fig.(5.4.2.A.A1):Posición del final de carrera. ....	78
Fig.(5.4.2.B.B1.1.): Piezas para la estructura de la parte trasera.....	79
Fig.( 5.4.2.B.B1.2): Piezas para la estructura de la parte delantera.....	79
Fig.( 5.4.2.B.B1.3):Piezas para la construcción de las Horquillas. ....	80
Fig.( 5.4.2.B.B1.4): Piezas para la estructura de la parte superior. ....	80
Fig.( 5.4.2.B.B2.3): Montaje de la estructura de la parte trasera.....	81
Fig.( 5.4.2.B.B2.2): Montaje de la estructura de la parte delantera.....	82
Fig.(5.4.2.B.B2.3): Guía para diseñar y montar, los componentes indicados..	83
Fig.( 5.4.2.B.B2.4): Montaje de las horquillas. ....	84
Fig.( 5.4.2.B.B2.5): Montaje final. ....	85
Fig.( 5.4.2.B3): Programa cuarto montaje.....	86
Fig.( 5.4.2.C): Programa cuarto montaje. ....	86
Fig.( 5.4.2.C.1): Función “ Primera base”.....	86
Fig.( 5.4.2.C.2): Función “Buscando”.....	87
Fig.( 5.4.2.C.2.4): Función “Error”. ....	88
Fig.( 5.4.2.C.3): Función “Segunda base”.....	88
Fig.( 5.4.2.C.4): Función “Almacenar”.....	89
Fig.( 5.4.2.C.4.3): Función “Depositando”.....	90
Fig.( 5.4.2.C.4.4): Función “De vuelta”. ....	90
Fig.( 5.4.2.C.4.5): Función “Depositando_”.....	91
Fig.( 5.4.2.C.4.6): Función “Devuelta_”. ....	91
Fig.( 5.4.2.D.1):Esquema de funcionamiento cuando la base es negra.....	92
Fig.( 5.4.2.D.2): Esquema de funcionamiento cuando la base es blanca .....	93
Fig.( 5.4.2.D.3): Esquema cuando no hay Item, en la entrada de material.....	94
Fig.( 5.5): Quinto montaje .....	95
Fig.( 5.5.2.B.B1.1): Piezas para el montaje de la parte longitudinal.....	97
Fig.( 5.5.2.B.B1.2 ): Piezas para el montaje de la parte transversal.....	98
Fig.( 5.5.2.B.B1.3 ): Piezas para el montaje de los pilares y los mandos de control.....	98
Fig.( 5.5.2.B.B2.1 ):Ensamblaje de las guías longitudinales.....	99
Fig.( 5.5.2.B.B2.2 ):Ensamblaje de las guías longitudinales.....	100
Fig.( 5.5.2.B.B2.3 ): Ensamblaje de las guía transversal.....	101

Fig.( 5.5.2.B.B2.4 ): Ensamblaje de la guía transversal. ....	102
Fig.( 5.5.2.B.B2.5 ): Ensamblaje de los pilares y conjunto final.....	103
Fig.( 5.5.2.B.B3 ): Dimensiones quinto montaje.....	104
Fig.( 5.5.2.C ): Programa principal del Quinto Montaje. ....	105
Fig.(5.5.2.C.5 ): Bloque “dirección Item”. ....	105
Fig.(5.5.2.C.5.4 ): Bloque función movimiento guía longitudinal. ....	106
Fig.(5.5.2.C.5.7 ): Bloque Función movimiento guía transversal. ....	107
Fig.(5.5.2.C.6 ): Bloque Función con el Item.....	108
Fig.(5.5.2.C.6.4 ): Bloque Función movimiento de la guía longitudinal. ....	109
Fig.(5.5.2.C.6.7 ): Bloque Función movimiento de la guía transversal. ....	110
Fig.( 5.5.2.D): Funcionamiento del Quinto montaje . ....	111
Fig.(6.A ): Ciclo de la evolución del Proyecto, Aprendizaje por descubrimiento. ....	113

## **1. INTRODUCCIÓN**

La Real Academia de la Lengua Española nos define la Robótica como:  
“Técnica que aplica la informática al diseño y empleo de aparatos que, en sustitución de personas, realizan operaciones o trabajos, por lo general en instalaciones industriales”

En este proyecto trabajaremos con el Robot Lego MindStorms NXT, destaca por su bajo coste, la facilidad para reconfigurarlo, su reprogramación, versatilidad y robustez todo ello de una forma interactiva y virtual. Prácticamente todo se puede representar con las piezas como en la vida real, como por ejemplo: un elevador o robots industriales.

Lego MindStorms se basa en dos ideas, la experimentación y el descubrimiento lo que nos lleva al Aprendizaje por descubrimiento. Esta teoría sostiene que los estudiantes son mas propensos a entender y recordar conceptos que habían descubierto en el curso de su propia experiencia.



Fig.(1.1): Kit LegoMindStorm.



Fig.(1.2): Contenido del Kit.

## **2. OBJETIVOS**

En el presente proyecto se pretende ofrecer una visión amplia y actual de la Robótica en el entorno Formativo y mostrar ejemplos de aplicaciones prácticas que puedan ser utilizadas en el desarrollo de la docencia.

Los objetivos mas detallados de este proyecto son:

- a) Analizar las posibilidades que permiten los montajes con robots LegoMindStorm.
- b) Plantear diferentes casos prácticos docentes usando el robot, revisando, entre otros los siguientes aspectos:
  - 1. Análisis y estudio de los modelos cinemáticos.
  - 2. Sensores a utilizar en cada modelo.
  - 3. Montaje de los modelos, consiguiendo el objetivo con el menor numero de piezas y asegurando la estabilidad tanto de manera estática como dinámica.
  - 4. Conocer el alcance de los sensores utilizados para este proyecto.
  - 5. Mostrar de manera experimental el alcance del Kit docente, pudiendo formar a los alumnos en diversos campos como por Ejemplo: la automatización y en cálculos mecánicos.
  - 6. Mostrar el potencial de este producto para la educación.
  - 7. Conocer y dar uso Práctico a mecanismos.
  - 8. Experimentación y análisis de la fiabilidad y alcance de precisión, de los elementos utilizados en el modelo.

Para llevar a cabo estos objetivos, se ha utilizado la Plataforma LegoMindStorm. Se han realizado pruebas en un terreno preparado para este proyecto. El ordenador que se ha utilizado para la programación y el diseño previo del Robot ha sido un portátil con un procesador Intel Core 2 Duo processor P7350, con sistema operativo Windows Vista.

### **3. ANTECEDENTES DE LA ROBÓTICA**

La Robótica ha efectuado un enorme progreso en las últimas décadas. Elementos hardware cada día mas potentes y la incorporación de nuevas funcionalidades.

En general la historia de la robótica la podemos clasificar en cinco generaciones:

1. Las dos primeras, ya alcanzadas en los ochenta, incluían la gestión de tareas repetitivas con autonomía muy limitada.
2. La tercera generación incluiría visión artificial, en lo cual se ha avanzado mucho en los ochenta y noventa.
3. La cuarta incluye movilidad avanzada en exteriores e interiores y la quinta estaría en el dominio de la inteligencia artificial en lo cual se esta trabajando actualmente

La idea de utilizar la robótica en la educación se baso en el trabajo de investigación de Seymour Papert, entre otros uno de los creadores del LOGO(Lenguaje de programación de alto nivel, funcional, estructurado y de fácil aprendizaje enfocado para niños y jóvenes). El trabajo de Papert con LOGO sirvió de base para las asociaciones de investigación entre el Media Lab del MIT y de la Corporación LEGO.

En 1998, la compañía Lego lanzo un nuevo producto llamado el Sistema de Invención Robótica LegoMindStorms(RIS), se convirtió en un éxito comercial inmediato. En 2006 una importante actualización dio lugar al Kit LegoMindStorms NXT y gano el Premio a la Innovación 2006 de juguetes en la categoría de “Tecnología”.

Se han desarrollado diversos estudios y talleres con el fin de ayudar en la Formación, entre otros, en el campo de la Ingeniería Mecánica.



*Fig.(3.1.1):Talleres de Ingeniería Mecánica con plataforma LegoMindStorms RIS y LegoMindStorm Modelo RIS.*

## **4. BASES DEL PROYECTO**

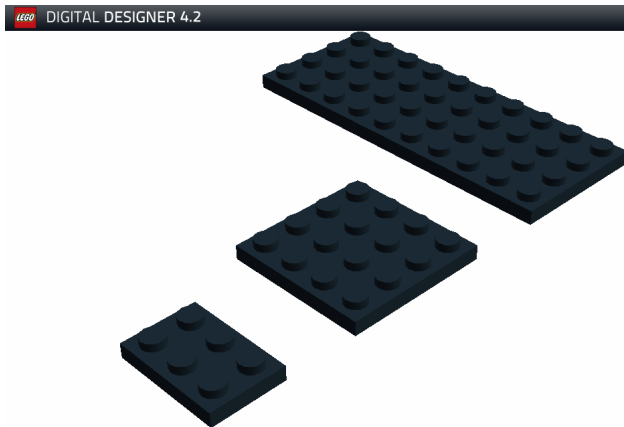
En este capítulo daremos a conocer todos los elementos utilizados, para llevar a cabo los objetivos del proyecto.

### **4.1 ESTRUCTURA LEGOMINDSTORM.**

#### **4.1.1 PLACAS, VIGAS Y BLOQUES.**

- **PLACAS**

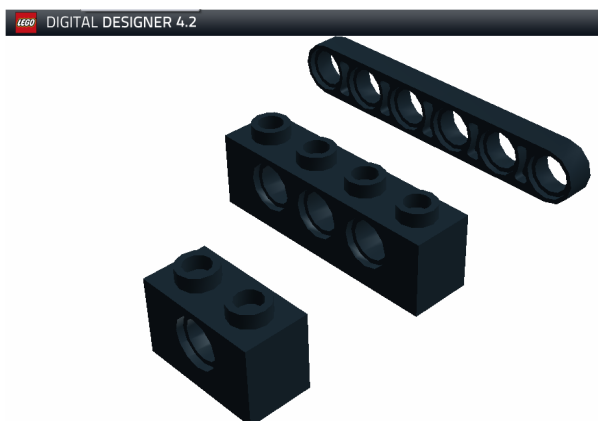
Son aquellos elementos, cuya superficie es mayor que su espesor, podrán ser unidas con clavijas, bloques, ejes o entre si. Es un elemento que trabaja a flexión.



*Fig.(4.1.2.1): Ejemplo Placas LegoMindStorm.*

- **VIGAS**

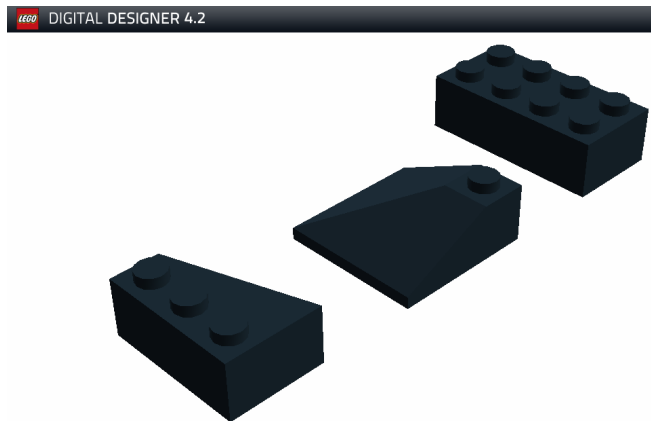
Son aquellos elementos constructivos que trabajan a flexión, cuyo esfuerzo genera tensiones de tracción y compresión. Son los componentes estructurales y pueden ser unidos entre si usando clavijas o ejes.



*Fig.(4.1.2.2): Ejemplo Vigas LegoMindStorm.*

- **BLOQUES**

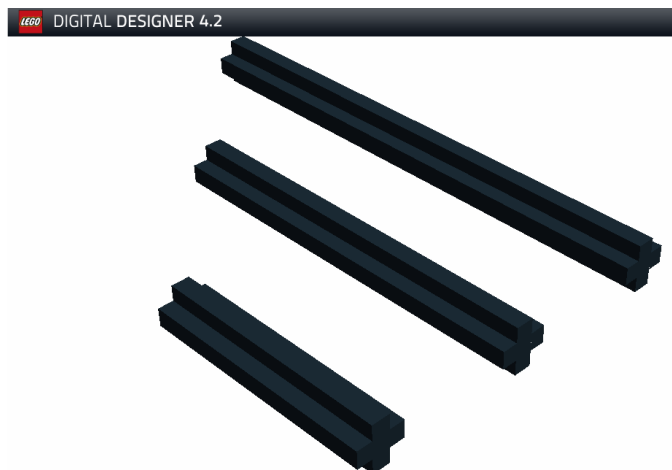
Llamaremos bloques a aquellos elementos compactos que pueden ser unidos con placas, vigas, clavijas o entre si.



*Fig.(4.1.1.3): Ejemplo Bloques LegoMindStorm.*

#### 4.1.2 EJES

- Aquellos elementos constructivos destinados a guiar el movimiento de rotación de una pieza, un conjunto de piezas (ruedas y engranajes).



*Fig.(4.1.2.1): Ejemplo Ejes LegoMindStorm.*



### 4.1.3 CASQUILLOS

- Elementos destinados a reforzar la extremidad de una pieza o para situar elementos en el lugar adecuado.

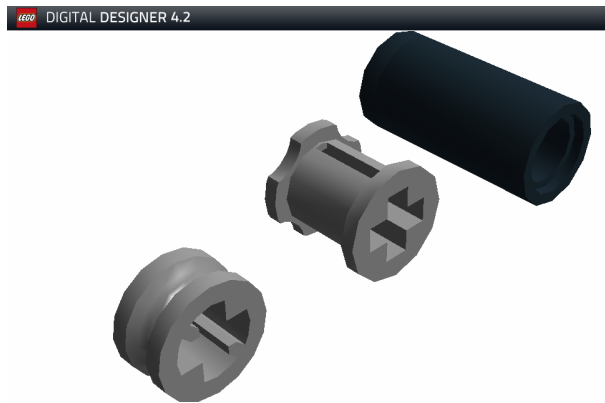


Fig.(4.1.3.1): Ejemplo Casquillos LegoMindStorm.

### 4.1.4 CLAVIJAS

- Llamaremos Clavijas a aquellos elementos que constituirán la unión de los diversos elementos en nuestra estructura, todo ello mediante fricción. Definida como la oposición del movimiento de una superficie sobre otra.



Fig.(4.1.4.1): Ejemplo Clavijas LegoMindStorm.

### 4.1.5 RUEDAS

- Conjunto de piezas formado por: Llanta y neumático. Estas giraran alrededor de un Eje y el neumático ofrecerá la adherencia y fricción propicia para el terreno.



Fig.(4.1.5.1): Ejemplo Neumáticos y llantas LegoMindStorm.

#### 4.1.6 ENGRANAJES

- Llamaremos Engranaje a la transmisión de movimiento desde el motor (Engranaje motor) hasta otro Eje situado a cierta distancia (Engranaje conducido).
- La principal ventaja respecto con la transmisión con poleas es que la transmisión con engranaje no patina con lo que se obtiene exactitud en la relación de transmisión.
- Los utilizaremos para cambiar la velocidad, el par de rotación y la dirección de los ejes. Tendremos engranajes rectos, engranajes libres, y engranajes sin fin.

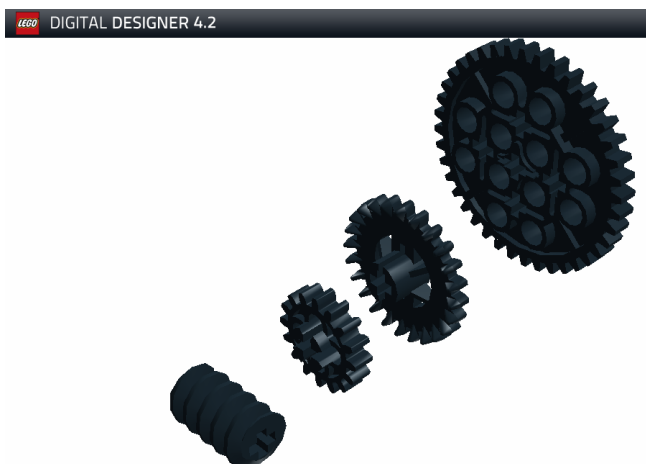


Fig.(4.1.6.1): Ejemplo Engranajes LegoMindStorm.

#### 4.1.7 CORREAS Y POLEAS

- Utilizaremos Correas y Poleas para transmitir movimiento rotacional entre elementos. Por ejemplo: para transmitir una fuerza y ayudar a subir una carga.



*Fig.(4.1.7.1): Ejemplo Polea y Correa LegoMindStorm.*

#### **4.1.8 sensores legomindstorm**

A continuación se va a detallar los Sensores de los que dispone el Kit docente LegoMindStorms.

- **SENSOR DE CONTACTO**

Dispone de un interruptor que al ser presionado envía una señal al bloque NXT. Es útil cuando queremos detectar obstáculos que con su Carga provoquen que el interruptor se active (funciona con presión).

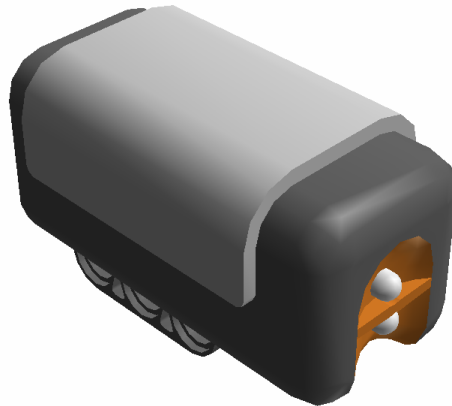


*Fig.(4.1.8.1): Sensor de contacto LegoMindStorm.*

- **SENSOR DE LUZ**

Se utiliza para determinar el color de un elemento (cada color emite un reflejo diferente, para este Sensor solo distinguirá entre Blanco, negro o gris), para detectar obstáculos, para detectar elementos con los que deseamos interactuar, todo ello con el objetivo de determinar que hacer en distintas situaciones. Por ejemplo, el robot siga una ruta o limitar la zona de trabajo y que no pueda salir de ella.

LEGO DIGITAL DESIGNER 4.2

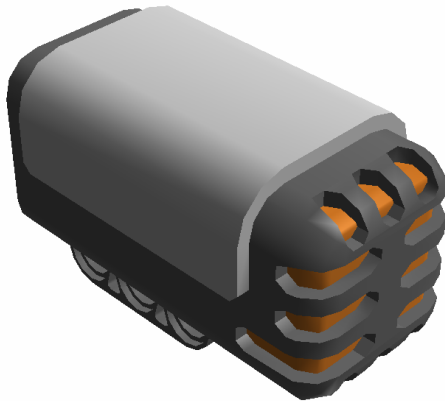


*Fig.(4.1.8.2): Sensor de Luz LegoMindStorm.*

- **SENSOR DE SONIDO**

Se utiliza para reaccionar a sonidos. Por ejemplo, el Robot pare cuando le transmitamos ruido mediante un aplauso.

LEGO DIGITAL DESIGNER 4.2



*Fig.(4.1.8.3): Sensor de Sonido LegoMindStorm.*

- **SENSOR DE ULTRASONIDOS.**

Este Sensor emite ultrasonidos que rebotan en los objetos más próximos y con ello poder calcular su proximidad. Por ejemplo que siempre exista una distancia de 50 centímetros con un objeto o pared del entorno.

LEGO DIGITAL DESIGNER 4.2

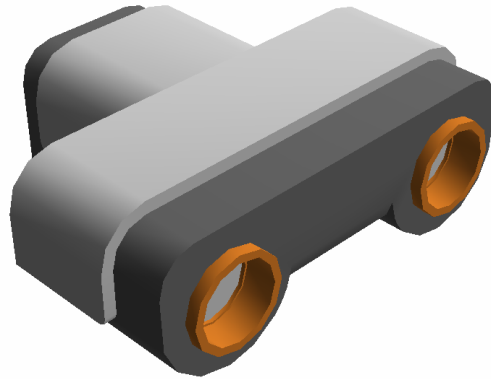


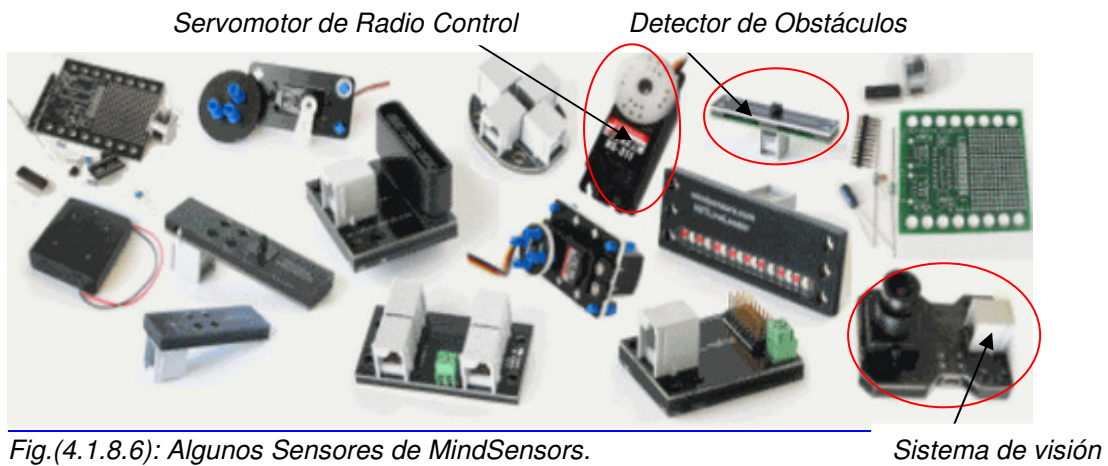
Fig.(4.1.8.4): Sensor de Ultrasonidos LegoMindStorm.

### • OTROS SENSORES.

En el kit docente de LEGO MindStorms NXT solo contamos con cuatro sensores, definidos anteriormente. Existe una amplia gama de sensores compatibles con la Plataforma LEGO MindStorms con los cuales podemos realizar mas funciones como Por ejemplo:



Fig.(4.1.9.5): Algunos Sensores de Hitecnic.



Los suministradores de estos sensores son HiTechnic y MindSensors, poseen un mercado amplio de dispositivos y se pueden utilizar en otras plataformas Robóticas, pudiendo diversificar ampliamente la capacidad del Robot, es decir, aumentar la fiabilidad y el alcance de las simulaciones.

#### 4.1.9 FUENTE DE ENERGÍA EN LEGOMINDSTORM

- **ENERGÍA ELÉCTRICA**

La obtendremos a partir de las pilas que son dispositivos que transforman la energía potencial química en energía eléctrica, estas formarán parte del bloque NXT.

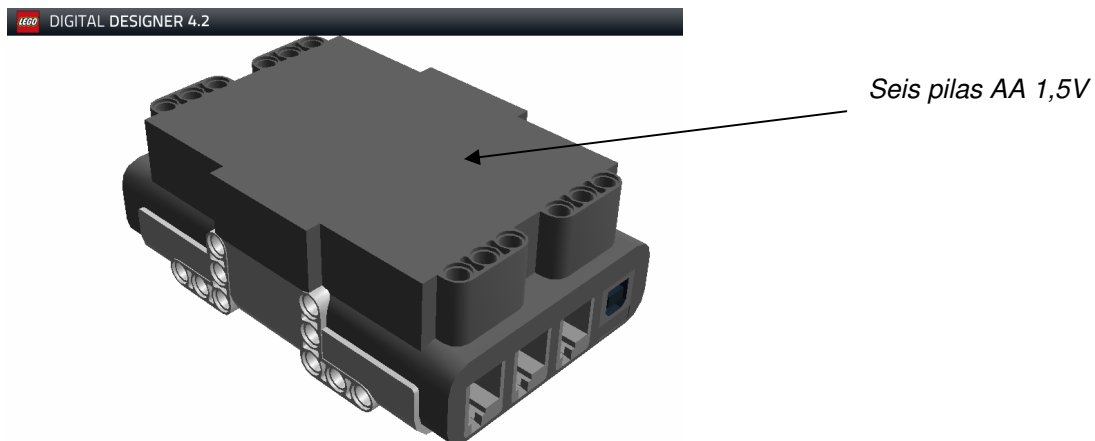
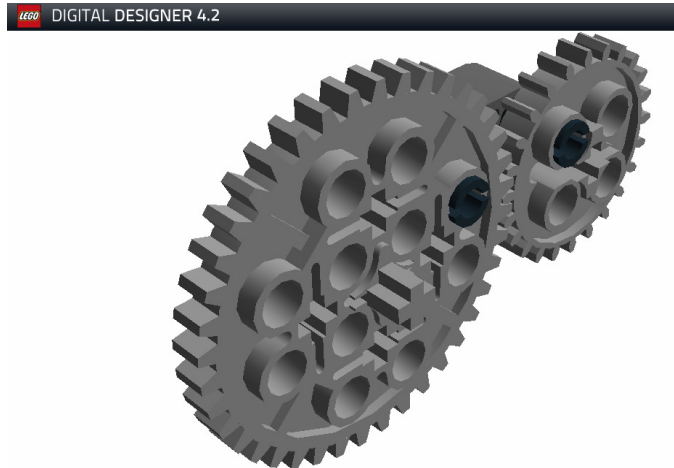


Fig.(4.1.9.1): Bloque NXT(parte trasera) LegoMindStorm.

- **ENERGÍA MECÁNICA**

La obtendremos a partir de la posición y al movimiento de un cuerpo con lo que será la suma de las energías potencial, cinética y elástica de un cuerpo en movimiento



*Fig.(4.1.9.2): Ejemplo Energía Mecánica LegoMindStorm.*

#### **4.1.10 ELEMENTOS DE CONTROL, SERVOMOTORES Y CABLES DE UNIÓN LEGOMINDSTORM**

- **ELEMENTO DE CONTROL**

En el bloque NXT tendremos 8 conectores, 3 utilizados para conectar los servomotores (A, B, C), 4 para conectar los sensores(1, 2, 3, 4) y 1 para conectar mediante USB (hasta 12 Mbit/s) el bloque NXT a la CPU con el objeto de operar con datos (situado en la zona de las conexiones a los Servomotores).

Dispone de 4 botones con los cuales interactuaremos de una forma manual con el robot ya sea ejecutando programas o dando instrucciones básicas al robot sin necesidad de transferir el programa a través de USB.

Dispone de unas cavidades laterales dando la posibilidad de insertar clavijas, y así poder formar parte de la estructura del robot

Dispone de una pantalla grafica de 100x64 píxeles y con un área de visión de 26 x 40,6 mm. Manejaremos el NXT de una forma sencilla.

Cuenta con un microprocesador (Atmel de 32 bits a 48MHz) utilizado extensivamente en electrónica de consumo (Moviles,PDA's...).





Fig.(4.1.10.1): Elemento de Control(Bloque NXT) LegoMindStorm.

- **MANDO DE CONTROL**

Disponemos de un mando de control, va a transmitir la potencia para el movimiento del Motor. Únicamente tenemos 3 posiciones, movimiento hacia delante, hacia detrás y paro. Será accionado con la energía transmitida por 7 pilas AA 1,5V.



Fig.(4.1.10.2): Mando de Control LegoMindStorm.

- **SERVOMOTORES**

Dispondremos de 3 servomotores, estos incorporan un sensor de posición que permite al controlador recibir información del movimiento.

De esta forma podemos hacer que nuestro robot avance una distancia concreta o gire un ángulo determinado, sin utilizar temporizaciones.

LEGO DIGITAL DESIGNER 4.2

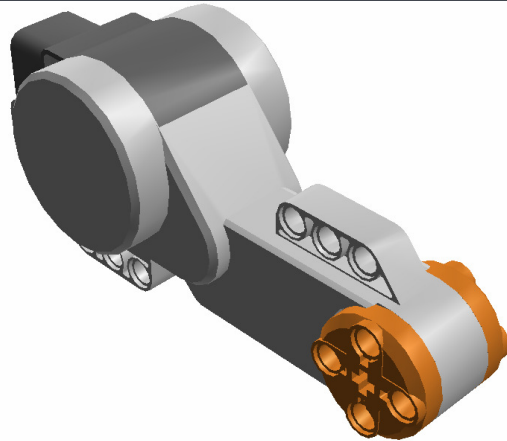


Fig.(4.1.10.3): Servomotor LegoMindStorm.

- **MOTOR**

Disponemos de un motor, a diferencia del servomotor, este no puede ser programado para variar su potencia y tiempo de uso, es decir, posee una potencia fija y es controlado por un mando de control.

LEGO DIGITAL DESIGNER 4.2

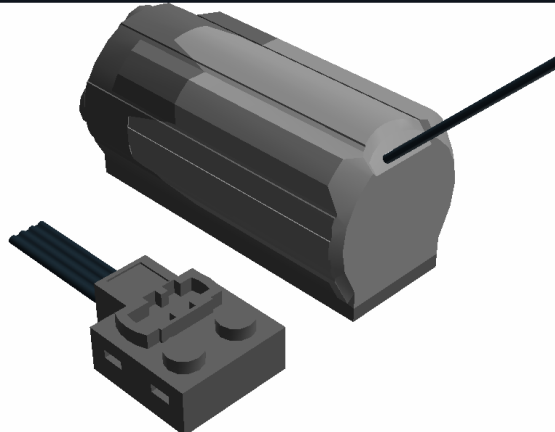
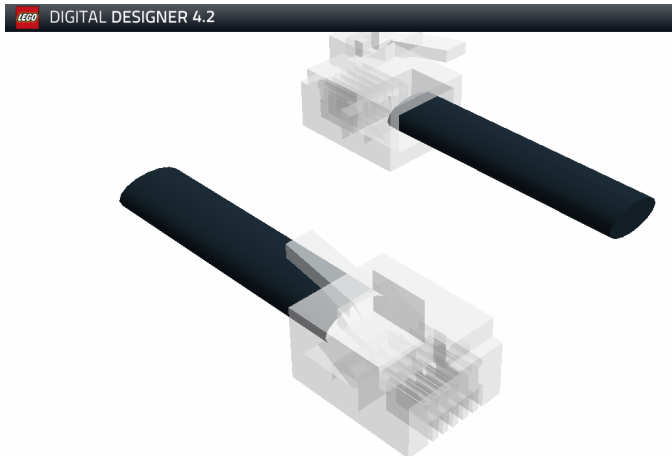


Fig.(4.1.10.4): Motor LegoMindStorm.

- **CABLES DE UNIÓN**

Estos cables transmitirán las órdenes programadas desde el bloque NXT a los sensores y a los servomotores a través de una conexión "clip".

Dispondremos de cables con distinta longitud, 1 de 210mm, 4 de 370mm y 2 de 500mm.



*Fig.(4.1.10.5): Elemento de Unión LegoMindStorm.*

## **4.2 PLATAFORMAS DE SOFTWARE LEGO.**

### **4.2.1 LEGO MINDSTORMS NXT Y SUS FUNCIONES**

Mindstorms, es una de las herramientas de programación facilitada por Lego Group con objeto de programar al Robot y con ello llegar a los objetivos. El funcionamiento de la programación se desarrolla por medio de arrastrar los iconos (provenientes de las paletas) a la zona de Trabajo, cada icono desarrolla una función única. La combinación de todos ellos dará lugar al Programa, seguidamente, se compilara con el objetivo de detectar posibles errores en la maquetación del programa. Tras verificar su correcto funcionamiento se transferirá al Robot ( a través de USB), y se iniciaran las pruebas.

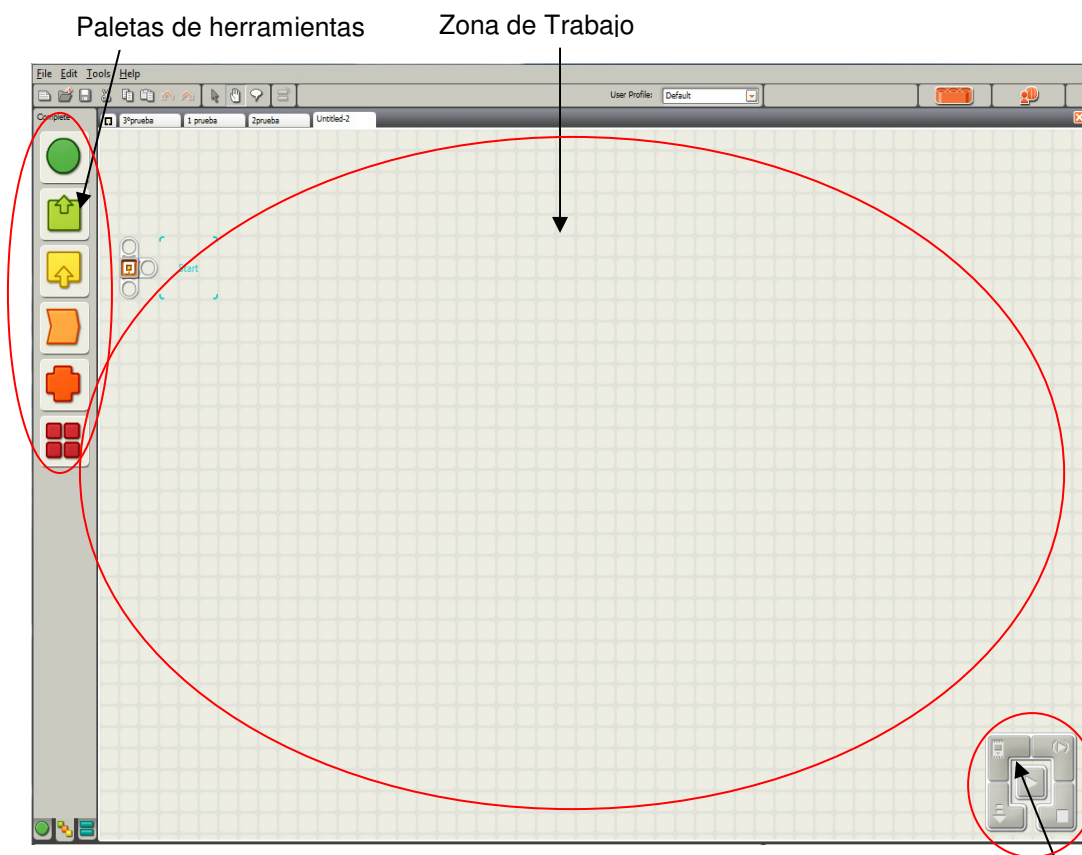


Fig.(4.2.1.1): Elemento de Unión LegoMindStorm.

Compilación del programa y  
transferencia al Robot



Fig.(4.2.1.2): Elemento de Unión LegoMindStorm.

A continuación se van a explicar las distintas funciones disponibles en el Software LegoMindStorms.

## 1. Bloque de Puesta en Marcha de los motores.

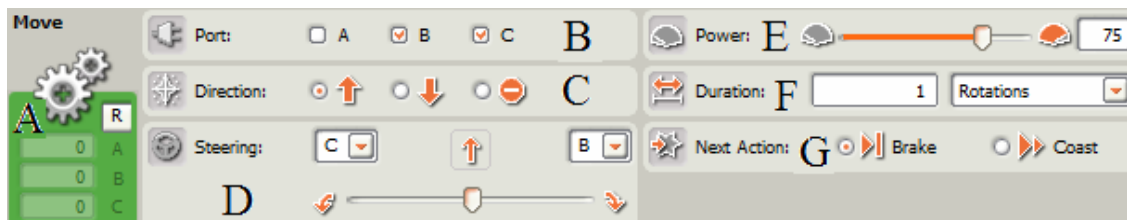


Fig.(4.2.1.2.1): Panel del Bloque de puesta en marcha de los motores.

- A. Si tenemos establecida una conexión vía USB devuelve el valor de la potencia utilizada en los motores sobre 100.
- B. Puerto/os al que están conectado los motores.
- C. Dirección de movimiento (hacia delante, hacia atrás, paro).
- D. Configuración de giros.
- E. Potencia del motor en el movimiento sobre 100, a mas cerca de 100 mayor será la velocidad de movimiento debido a que se suministra una mayor potencia.
- F. Duración del movimiento, se puede medir en:
  - Unlimited Unlimited, usado principalmente en herramientas tipo bucle, movimiento sin limite.
  - Degrees Degrees, movimiento programado en grados.
  - ✓ Rotations Rotations, movimiento programado en rotaciones.
  - Seconds Seconds, movimiento programado en tiempo, el cual varia según la potencia de motor.
- G. Siguiete función, Brake(freno del motor) o Coast (no se transfiere mas potencia, el Robot seguirá avanzando hasta que su velocidad llegue a cero).

## 2. Bloque de Grabado de movimiento.

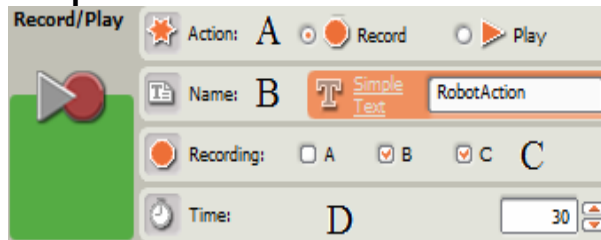


Fig.(4.2.1.2.2): Panel del Bloque Grabado de movimiento.

- A. Permite grabar (record) o ejecutar(Play).
- B. Nombre de la grabación.
- C. Motores a grabar.
- D. Tiempo de grabación.

## 3. Bloque de Emisión de sonidos.

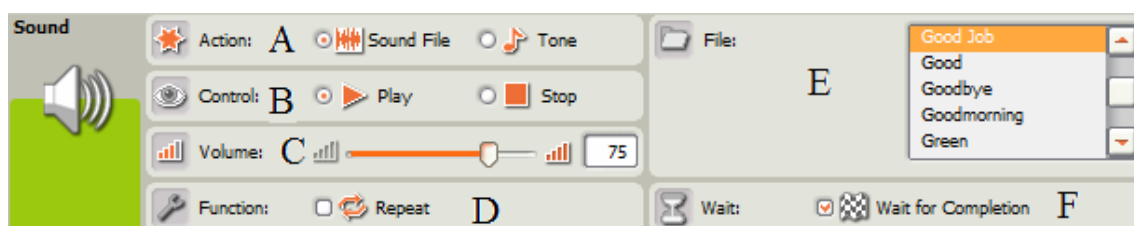


Fig.(4.2.1.2.3): Panel del Bloque de Emisión de sonidos.

- A. Permite la elección de un fichero de sonido o un tono elegido por el usuario.
- B. Accionar o parar.
- C. Volumen del sonido sobre 100.
- D. Bucle de repetición.
- E. Ficheros almacenados en la carpeta predefinida del programa en el caso de Sound File. En el caso de elegir Tone(A) se mostrara de la siguiente manera.



Fig.(4.2.1.2.3.1):Función de piano.

- F. Booleano para completar el sonido seleccionado.

#### 4. Bloque para mostrar una imagen en la Pantalla del Bloque NXT.

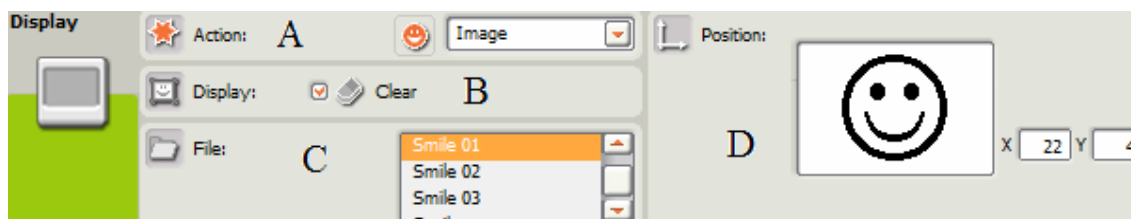


Fig.(4.2.1.2.4): Panel del Bloque para mostrar imagenes.

##### A. Acciones posibles a mostrar en la pantalla (Display).

✓ Image	Image, muestra una imagen desde archivo.
Text	Text, permite mostrar un texto definido por el Usuario.
Drawing	Drawing, permite mostrar puntos, líneas y círculos.
Reset	Reset, vuelve el Display a su estado de partida

##### B. Booleano, con el cual borraremos lo mostrado en el Display.

##### C. Selección del fichero predefinido por el Usuario o de los facilitados por LegoMindStorms.

##### D. En este punto visualizaremos las imágenes que se mostraran en el Display.

#### 5. Herramienta Wait(espera).

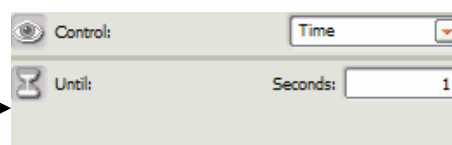


Fig.(4.2.1.2.5): Panel del Bloque de espera.

##### A. Muestra el tiempo de espera.

##### B. Muestra el Control, pudiendo ser:

Tiempo (predefinido por usuario) →



Sensor (Interfaz mostrada en la Fig. 4.2.1.2.5)

##### C. Muestra el sensor que utilizaremos en la función.



Definición de la interfaz de los sensores de los puntos del 12 hasta el 20 inclusive.

IR Receive Message  
IR Rotation Sensor  
Color Sensor  
Light Sensor  
NXT Buttons  
Receive Message  
Rotation Sensor  
Sound Sensor  
Timer  
Touch Sensor  
Ultrasonic Sensor

Siendo propios y comunes de esta herramienta para todos los sensores los puntos A, B y C.

Los puntos D y E corresponden a la interfaz mostrada en los puntos del 12 al 20 inclusive.

## 6. Herramienta Stop, para de forma inmediata el programa en ejecución.

No dispone de Interfaz con la que interactuar.

## 7. Bloque Motor.



Fig.(4.2.1.2.7): Panel del Bloque de motor.

- A. Conectado el Robot al Ordenador a través de USB muestra la potencia del motor y da la posibilidad de resetear el motor si se observan errores en la medición.
- B. Muestra el motor seleccionado.
- C. Dirección en la funcionara el motor.
- D. Acción de motor, solo estará activa con Grados o rotación situados en el desplegable del punto G.
- E. Potencia que transmitirá el motor sobre 100
- F. Control que utilizará la función.
- G. Duración de la función pudiendo elegir entre Ilimitado, grados, rotaciones o tiempo.
- H. Opción booleana para la esperar a que se complete la función ( si no esta activa tampoco estará activa la siguiente opción).
- I. Próxima acción que ejecutara la función tras completar las ordenes.

## 8. Generador de Bloques.

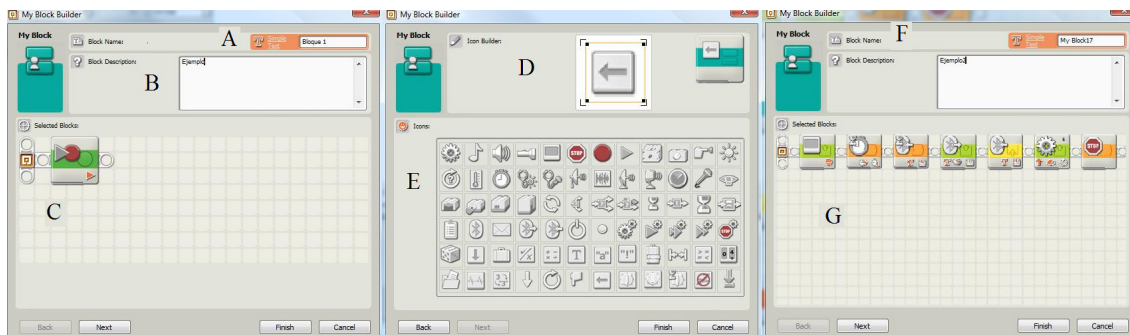


Fig.(4.2.1.2.8): Interfaz del Creador de Bloques.

A. Definición del título.

B. Descripción del Bloque.

C. Funciones elegidas.

D. Muestra el icono elegido por el Usuario que representara el Bloque.

E. Funciones predefinidas en LegoMindStorms.

F. El programa nos asigna un nombre por defecto en base a los MyBlocks creados en la carpeta de LegoMindStorms.

G. Como se muestra puede introducirse mas bloques, posteriormente a la creación puede modificarse la función, borrando o añadiendo mas bloques.

## 9. Generador de Bloques.

Ejemplo Bloque Creado con cambio de nombre

## 10. Bloque envió de datos (Bluetooth).

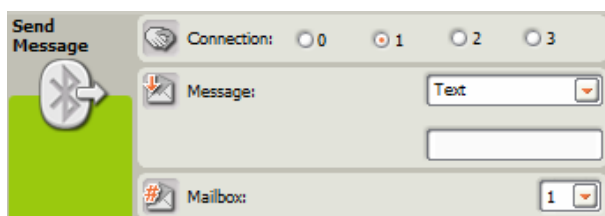


Fig.(4.2.1.2.10): Panel del Bloque de Envío de datos.

Da la posibilidad de trabajar con varias líneas de comunicación (0-3). Enviaremos un mensaje de texto, número o booleano al robot para activar funciones relacionadas con este bloque.

## 11. Bloque Colores.

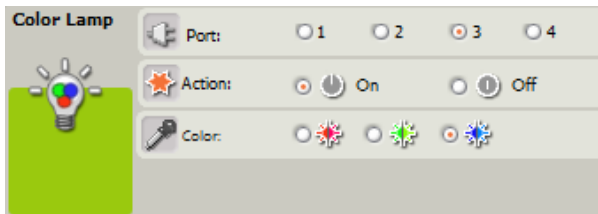


Fig.(4.2.1.2.11): Panel del Bloque de Colores.

Con esta función modificaremos el color que será visible con el Sensor de Color.

## 12. Bloque Sensor de Tacto.

Da la posibilidad de trabajar en tres estados:

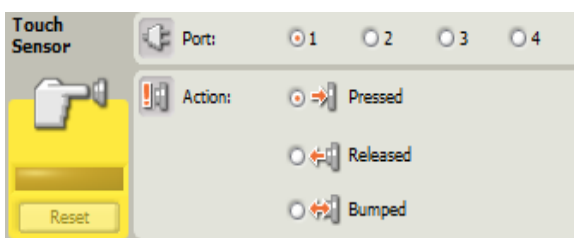


Fig.(4.2.1.2.12): Panel del Sensor de tacto.

En el Primero detecta el accionamiento del pulsador.

En el Segundo detecta la salida del pulsador.

En el Tercero se produce una interacción para que accione y salga el pulsador, por Ejemplo con el objeto de lanzar objetos.

## 13. Bloque del Sensor de Sonido

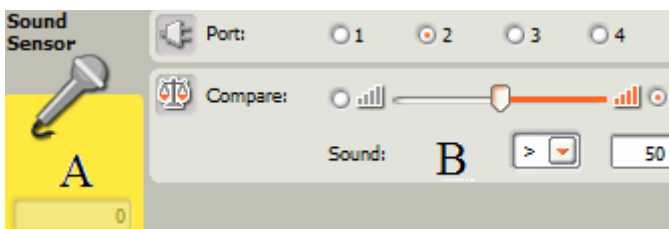


Fig.(4.2.1.2.13): Panel del Sensor de sonido.

A. Nos ofrece la posibilidad de mostrar por pantalla el sonido de nuestro entorno medido en Decibelios.

B. En este punto fijaremos un punto de inflexión a través del cual, se llevaran a cabo las interacciones Usuario-Robot.

#### 14. Bloque del Sensor de Luz.

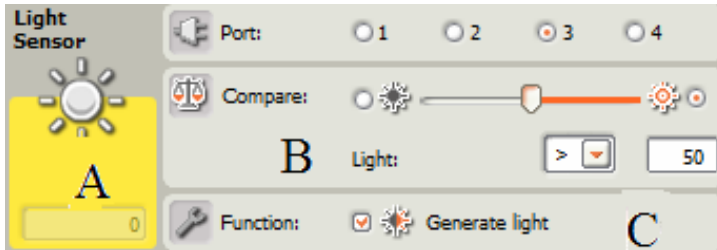


Fig.( 4.2.1.2.14): Panel del Sensor de Luz.

- A. Nos muestra la luminosidad.
- B. En este punto fijaremos un punto de inflexión, con el cual, programaremos las rutinas a seguir.
- C. En este punto, tenemos opción a que el sensor genere luz con objeto de medir el reflejo, con ello conseguir que el sensor se vea menos afectado a cambios de luminosidad en distintos entornos y evitar así posibles modificaciones en el punto de inflexión.

#### 15. Bloque del Sensor de Ultrasonidos.

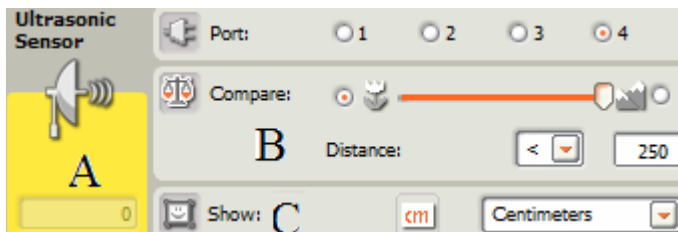


Fig.( 4.2.1.2.15): Panel del Sensor de Ultrasonidos.

- A. Nos muestra la distancia actual a un objeto.
- B. En este punto fijaremos un punto de inflexión a través del cual, programaremos las rutinas a seguir, pudiendo medir distancias entre sensor y objeto de 250cm o pulgadas.
- C. En este punto podemos elegir entre trabajar con Centímetros o Pulgadas (siendo una pulgada 2,54cm).

## 16. Bloque Usuario-Bloque NXT.

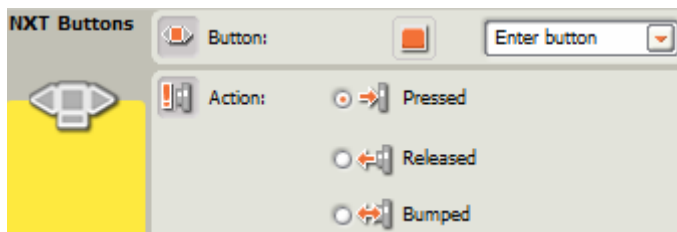


Fig.( 4.2.1.2.16): Panel de Bloque Botones Nxt.

Tenemos la opción de interactuar con el Botón central, derecho o izquierdo, con objeto de activar o desactivar las rutinas programadas.

## 17. Bloque Sensor de Giro.

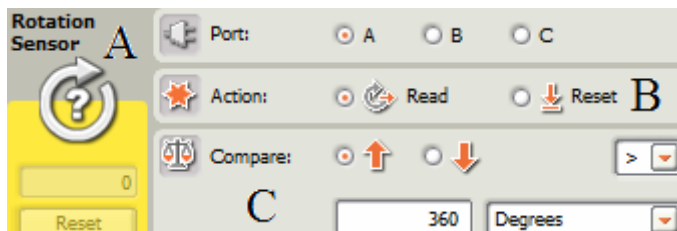


Fig.( 4.2.1.2.17): Panel del Sensor de Giro.

A. Muestra el giro realizado.

B. Acción a programar, Lectura de Giro o resetear el Sensor.

C. Comparación de valores pudiendo elegir las unidades en Grados o Rotaciones.

## 18. Bloque tiempo.

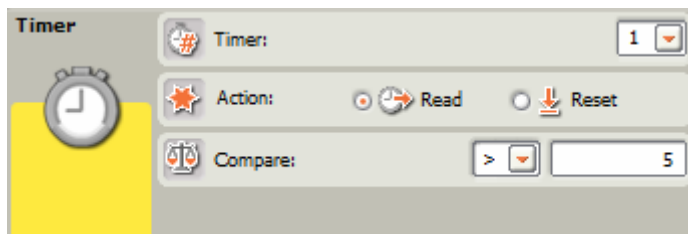


Fig.( 4.2.1.2.18): Panel del Bloque Tiempo.

Con esta función se activaran o desactivaran las rutinas programadas al llegar al punto de inflexión (tiempo en segundos).

## 19. Bloque recepción de datos (Bluetooth).

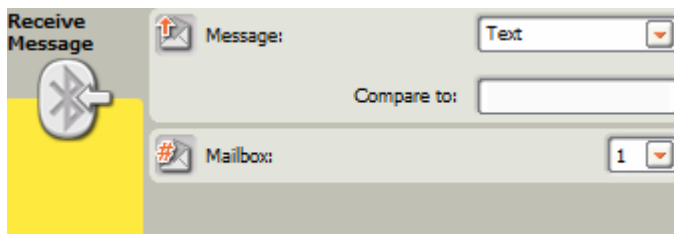


Fig.( 4.2.1.2.19): Panel del Bloque Recepción de Datos.

Se realizara la comparación del mensaje Enviado con el programado con objeto de activar o desactivar las rutinas programadas.

## 20. Bloque Sensor de Color.

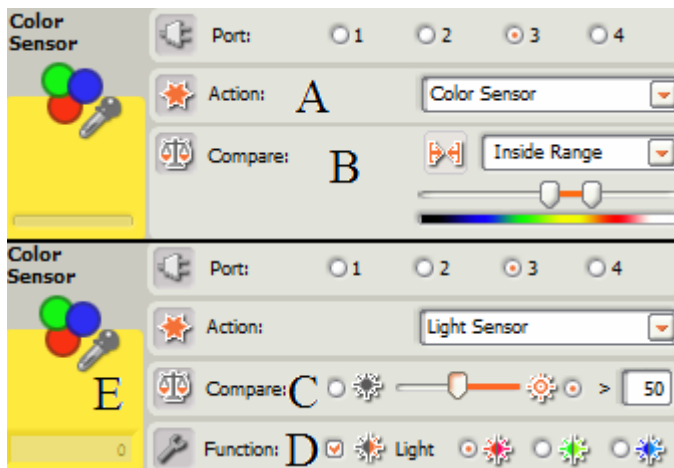


Fig.( 4.2.1.2.20): Panel del Sensor de Color.

- A. En este punto seleccionamos que función utilizara el sensor de color, es decir, este sensor tiene la opción de trabajar como el sensor de luz (E, C, D) o como el sensor de color(A, B).
- B. Mide la tonalidad de color y la compara con la indicada en el rango pudiendo medir dentro o fuera del rango determinado.
- C. Mide la luminosidad diferenciando Blanco y negro.
- D. Nos da la opción de generar luz en distintos colores y medir así su reflejo.

## 21. Bloque función Booleana.

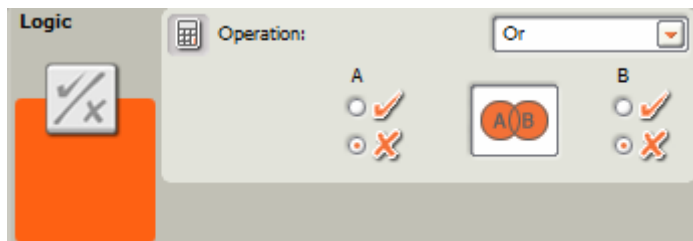


Fig.( 4.2.1.2.21): Panel de la función Booleana.

Esta función se utiliza para comparar dos opciones pudiendo ser: “A And B”, “A or B”, “A XOr B”, “Not A” o “Not B”.

Esta función se utiliza para enlazar varias funciones y que devuelvan un valor (Verdadero o Falso) con el objeto de activar las rutinas programadas.

## 22. Bloque función Matemática.

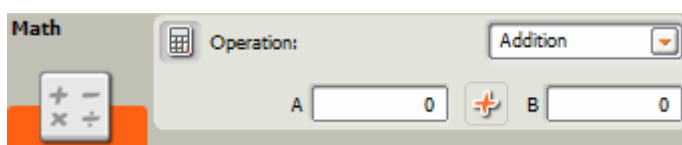


Fig.( 4.2.1.2.22): Panel de la función Matemática.

- ✓ Addition
- Subtraction
- Multiplication
- Division
- Absolute Value
- Square Root

Se pueden realizar diversas operaciones con objeto de trabajar con Booleanos y activar o desactivar rutinas programadas.

## 23. Bloque función Comparación.

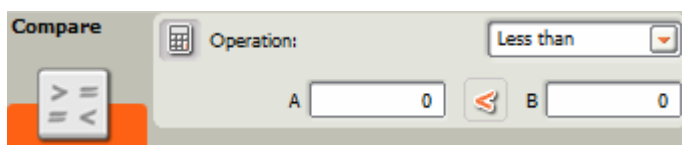


Fig.( 4.2.1.2.23): Panel de la función Comparación.

Se pueden realizar diversas operaciones con objeto de trabajar con Booleanos y activar o desactivar rutinas programadas.

## 24. Bloque función Rango de datos.

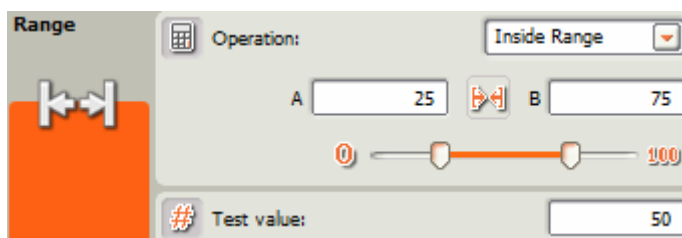


Fig.( 4.2.1.2.24): Panel de la función Rango de Datos.



Se pueden realizar diversas operaciones con objeto de trabajar con Booleanos y activar o desactivar rutinas programadas.

## 25. Bloque función Random.

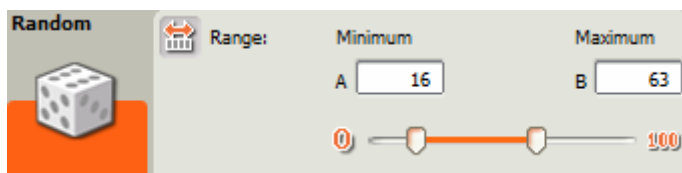


Fig.( 4.2.1.2.25): Panel de la función Random.

Podemos establecer un rango de datos y con ello realizar diversas operaciones con objeto de trabajar con booleanos y activar o desactivar rutinas programadas.

## 26. Bloque función Variables.

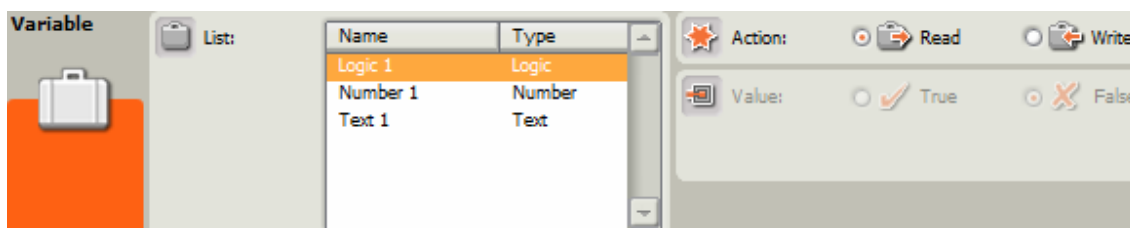


Fig.( 4.2.1.2.26): Panel de la función Variables.

Podemos introducir o leer variables de tipo Lógico, Numérico y de Texto.

## 27. Bloque de la función Constantes.

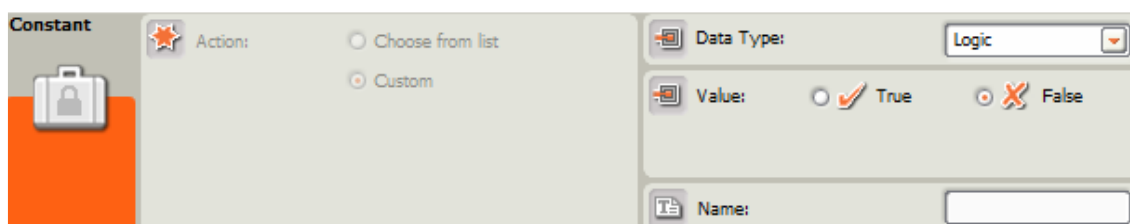


Fig.( 4.2.1.2.27): Panel de la función Constantes.

Podemos elegir entre constantes predefinidas de tipo lógico, numérico y de texto.

## 28. Bloque Mostrar datos.

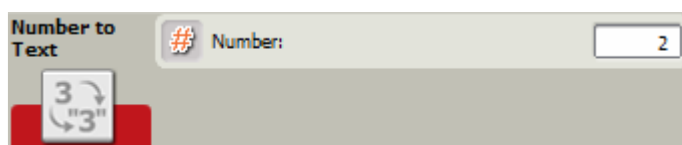


Fig.( 4.2.1.2.28): Panel de la función Mostrar datos.

A través de esta función podemos mostrar datos en la pantalla del display, como por ejemplo, la luminosidad en la sala, numero de accionamientos del motor, etc.

## 29. Bloque Mostrar texto.

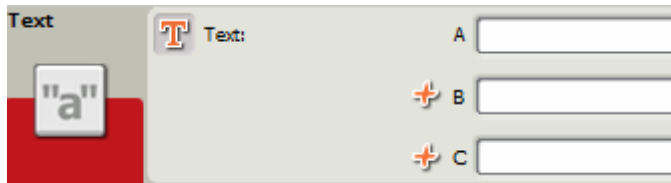


Fig.( 4.2.1.2.29): Panel de la función Mostrar texto.

A través de esta función podemos mostrar por pantalla cualquier tipo de texto, trabajando con varias salidas (A, B, C) o con todas ellas combinadas.

## 30. Bloque de suspensión.

Este bloque no dispone de parámetros, ira unido a una herramienta de tiempo para indicar cuanto ha de estar en modo suspensión.

## 31. Bloque Modificar ficheros.

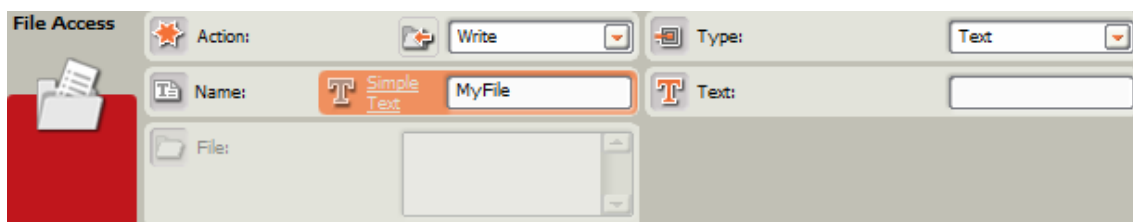


Fig.( 4.2.1.2.31): Panel de la función Modificar Ficheros.

Con esta función podemos escribir, leer o eliminar un fichero en el Bloque NXT.

## 32. Bloque Calibrado de Sensores.



Fig.( 4.2.1.2.32): Panel de la función Calibrado.

Nos da la posibilidad de Calibrar al valor máximo o mínimo los sensores de Luz y de Sonido.

### 33. Bloque Reseteo de Motores.

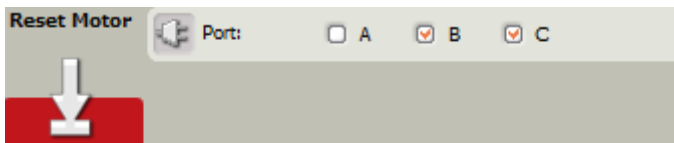


Fig.( 4.2.1.2.33): Panel de la función Reseteo de motores.

Podemos resetear tanto un motor como todos a la vez

### 34. Bloque Bluetooth.

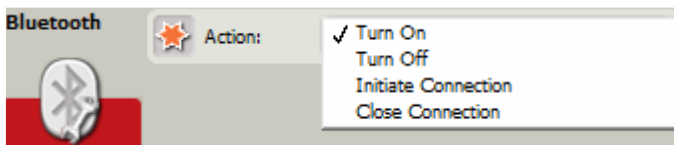


Fig.( 4.2.1.2.34): Panel de la función Bluetooth.

En la siguiente función podemos accionar o desactivar la herramienta Bluetooth, o iniciar o desactivar la conexión bluetooth.

### 35. Bloque Interruptor.

Se pueden dar 2 tipos de control:

Tipo valor, se muestra de la siguiente manera

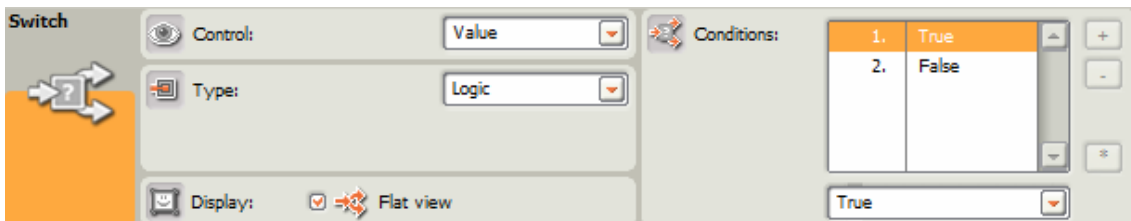


Fig.( 4.2.1.2.35.1): Panel del Bloque Interruptor con control tipo valor.

Pudiendo ser de tipo Lógico, Numérico o de texto, por Ejemplo, a este bloque ira unido otro que le mandara un dato de salida y este tomara un camino u otro según las condiciones definidas.

Tipo Sensor, se muestra de la siguiente manera

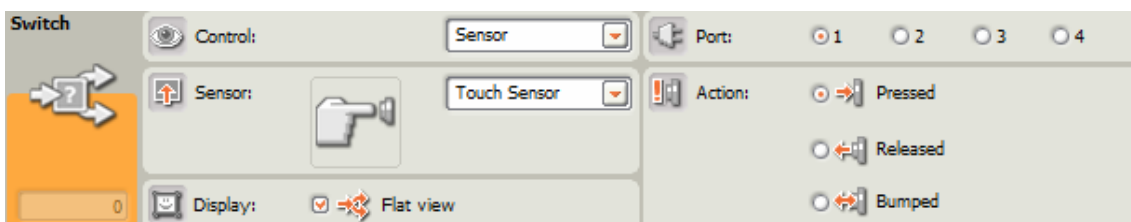


Fig.( 4.2.1.2.35.2): Panel del Bloque Interruptor con control tipo sensor.

Pudiendo elegir cualquier tipo de sensor de los establecidos en el programa. Por Ejemplo, el sensor enviara un dato de salida que al compararlo con los datos del bloque escogerá un camino u otro.

### 36. Bloque bucle.

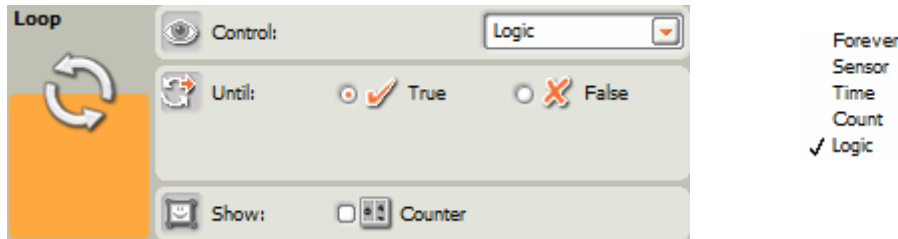


Fig.( 4.2.1.2.36): Panel del Bloque Bucle.

El control puede ser de tipo bucle (Forever), Sensor (finalizara el bucle cuando se cumplan los requisitos definidos en el bloque), Time (durara un tiempo determinado en segundos), Count (repetirá el bloque un numero determinado de veces) y Lógico (repetirá el bloque hasta que un dato de salida de otro bloque nos envíe la orden con la cual hemos definido la finalización del bucle)

## 4.2.2 LEGO DIGITAL DESIGNER

LDD es un Software libre proporcionado por Lego Group. Con este Software se realizan los diseños previos para la construcción de los modelos, debido a que podemos interactuar con todas las piezas creadas para LegoMindStorm y realizar los modelos de forma virtual, las ventajas observadas son:

- Manual de Instrucciones creado por el usuario, para el montaje de la estructura realizada. Posibilidad de Imprimirlo.
- Ver el modelo desde cualquier punto en 3D.
- Ver de que piezas constan algunos Kits de Lego, viendo así previamente las limitaciones que tendremos al crear Modelos con estos Kits. Número total de piezas utilizadas para el modelo.
- Medidas de las piezas utilizadas y su referencia comercial.
- Posibilidad de intercambiar el archivo del modelo para realizar Proyectos de diseño en equipo.
- Interfaz Sencilla y Clara para conseguir los Objetivos del Modelo

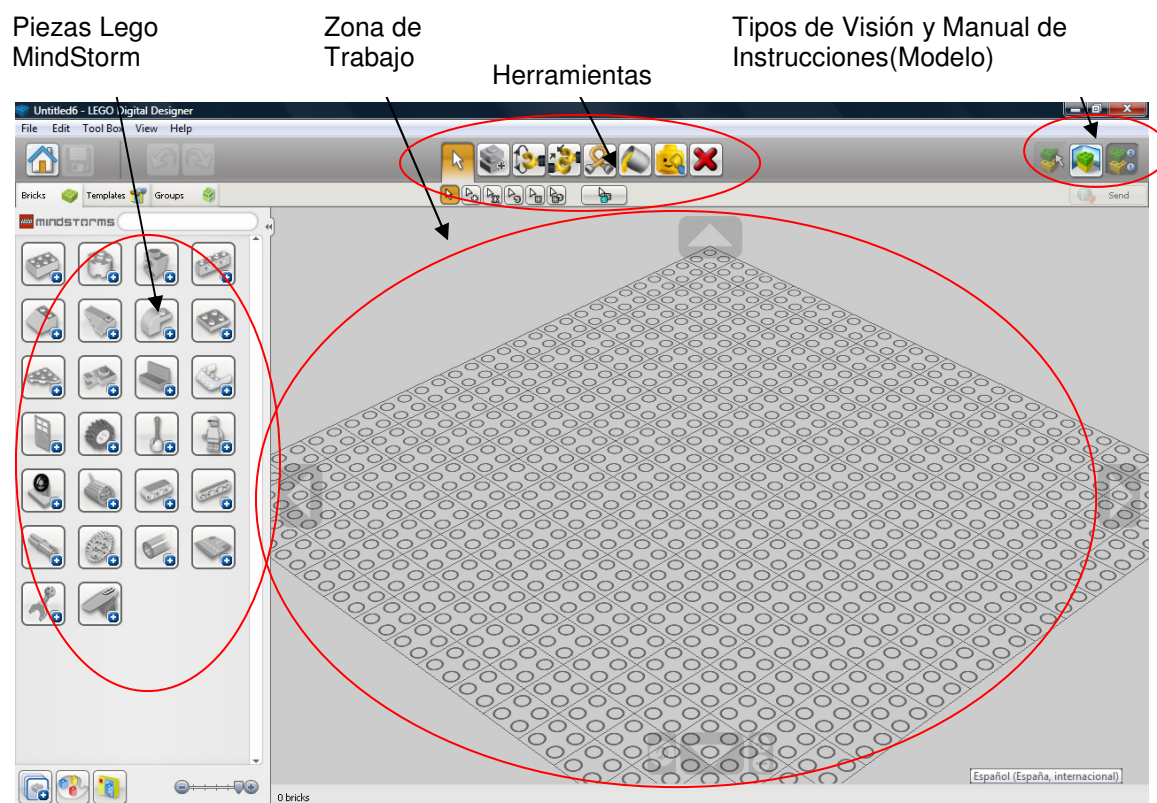


Fig.(4.2.2.1):Software Lego Digital Designer.

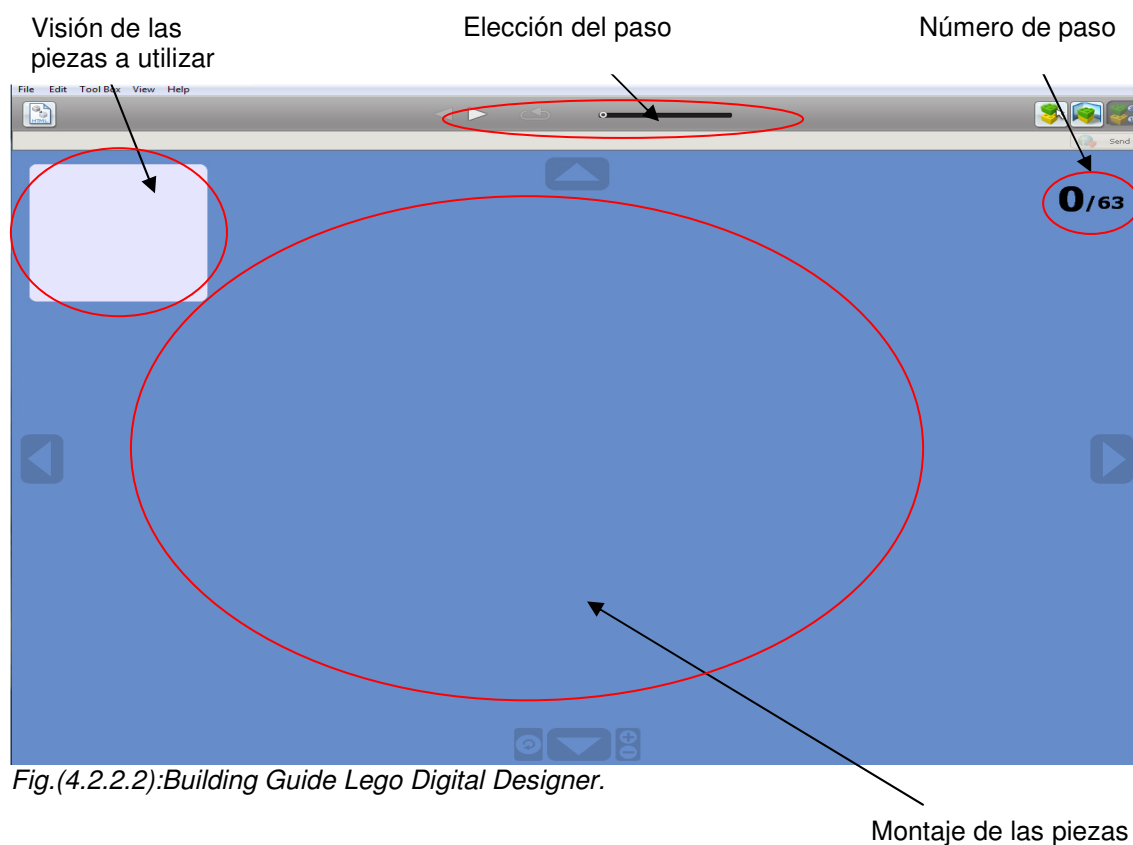


Fig.(4.2.2.2):Building Guide Lego Digital Designer.

### 4.3 SUPERFICIE DE TRABAJO

Para la zona de trabajo se realizó un boceto con Láminas de Papel sucio Dina4 unidas con cinta adhesiva, tras esto se establecieron límites en el boceto, tomando el radio de giro de los montajes del Robot como norma. Se tomaron las medidas finales del tablero y se dio paso a la elección de los materiales para el montaje.

Finalmente se ha montado un tablero de Melamina 1000x1200mm plegable (objetivo de ahorrar espacio, facilitar su transporte y obtener así un espacio de trabajo fijo para todos los experimentos) a 1000x300mm, grosor de 10 mm. Blanco. Adquiriendo todos los materiales necesarios para el montaje en AKI (Tienda especializada en bricolaje).

Los circuitos que sigue el Robot se han realizado con piezas reemplazables y se adhieren a la superficie de trabajo con cinta adhesiva. Para establecer los trayectos se ha utilizado guías de cinta aislante de 180 x 55 mm. (de color negro) y las bases (de color blanco) tienen un Diámetro de 105mm. El conjunto de estas dos partes dan lugar a lo que llamamos Trayectoria que sigue el Robot y marcarán las distintas interacciones que realiza el Robot con el entorno para conseguir los objetivos.



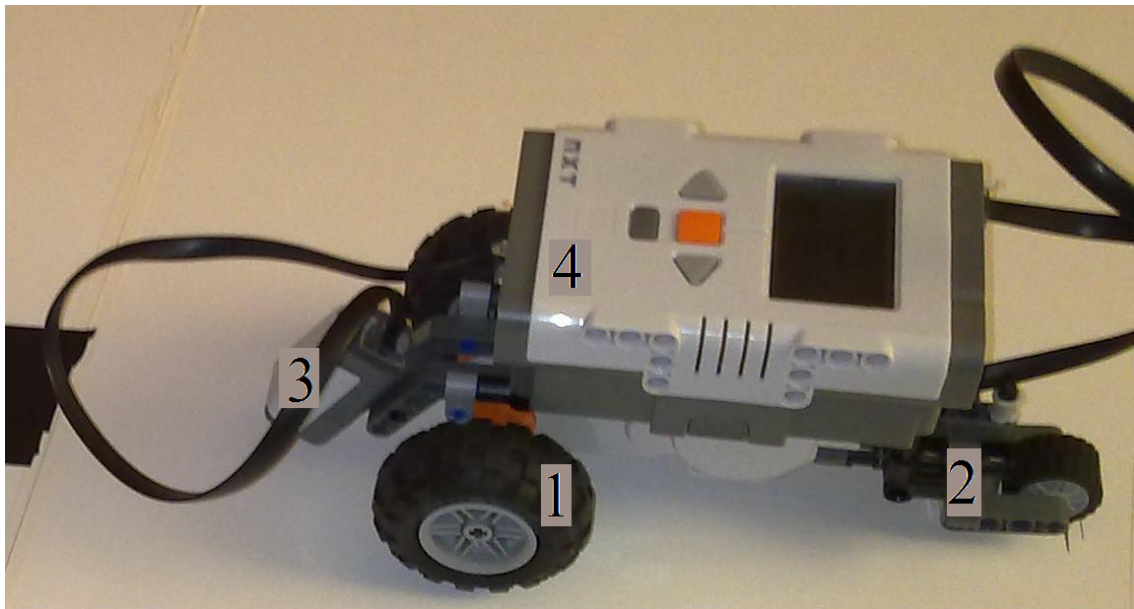
*Fig.(4.3): Cuatro partes de 300 mm. x 1000 mm. x 10 mm.  
Plegadas a 300 mm. x 1000 mm. x 40 mm.*

## **5. DESARROLLO**

Se han realizado varios montajes, con los cuales, se llegara a los objetivos definidos en el apartado Tres. Para ello se ha utilizado el Kit LegoMindStorm

### **5.1 PRIMER MONTAJE: VEHICULO DE GUIADO AUTOMÁTICO CON SENSOR DE LUZ.**

En el presente Montaje se presenta el funcionamiento básico de un vehiculo de guiado automático a través de una línea de color oscuro (negra) pintada en el suelo, con el objetivo: cuando no detecte línea negra se detenga y cuando encuentre línea negra seguirá su recorrido.



*Fig.(5.1): Primer Montaje.*

1. Servomotor, comunica movimiento a un eje.
2. Parte trasera, apoyo con rueda.
3. Sensor de Luz.
4. Bloque NXT.



### 5.1.1 OBJETIVOS DEL MONTAJE

#### A. Objetivos específicos del montaje

- Demostrar de manera sencilla, la utilidad del sensor de luz, para conseguir que el Ingenio Robótico guíe su recorrido en función de la trayectoria diseñada.
- Obtener experiencia en el montaje de la estructura del Robot, con la que posteriormente se introducirán mejoras en los siguientes Ingenios.
- Obtener conocimientos básicos en el Software de Diseño y Programación.

#### B. Aplicaciones en el ámbito docente

- Conseguir de manera sencilla una primera implicación de los alumnos en la Robótica y dar a conocer la aplicación de este producto en otros campos de la Ingeniería Mecánica y Electrónica.
- Explicar de forma teórico-práctica Fundamentos de Mecánica y automatización, y con ello lograr Aprendizaje por descubrimiento.

### 5.1.2 CONSTRUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

#### A. Diseño del montaje

##### A.1. Problemas encontrados. Soluciones Implementadas.

Como Problema, en el momento que se ha ejecutado el programa en la superficie se observan variaciones a lo programado, esto es debido a la luminosidad de la sala donde realizamos el experimento. Al definir las variables con puntos de inflexión, se ha demostrado experimentalmente que, generalmente, no es posible ejecutar un programa con distintos tipos de luminosidad en la sala.

Por ejemplo posicionando al robot en la superficie de trabajo en una zona blanca y sabiendo que nuestro punto de inflexión es 80 de 100, si esta por encima debería detectar blanco y si esta por debajo debería detectar negro.

Con una luz que no produzca sombras debajo de la lectura del sensor el programa hace lo esperado, y con sombra debajo del lector este programa hace lo contrario (la luminosidad varía y con ello el punto de inflexión).

Como Solución, siempre que se ha empezado a trabajar en zonas con distinta luminosidad a la que normalmente se ha trabajado, se mide el grado de luminosidad con el sensor y se anota el valor mostrado en el programa y ahí



tendremos nuestro punto de inflexión a través del cual modificaremos la opción del sensor.

## B. Montaje

### B.1. Piezas utilizadas.

Para la Primera parte del montaje, parte trasera de la estructura, se han utilizado las siguientes piezas (listado obtenido con el Software LDD):

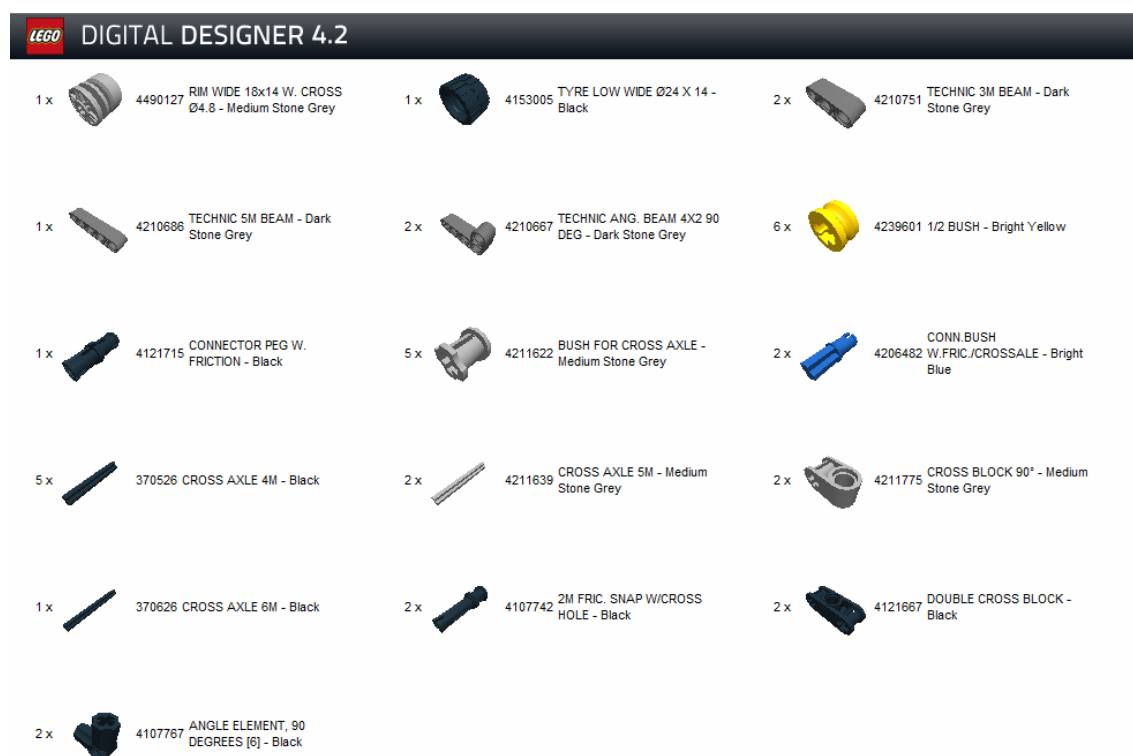


Fig.(5.1.2.B.B1.1):Piezas para el Montaje de la estructura trasera.

Para la Segunda parte del montaje, parte delantera de la estructura, se han utilizado las siguientes piezas:

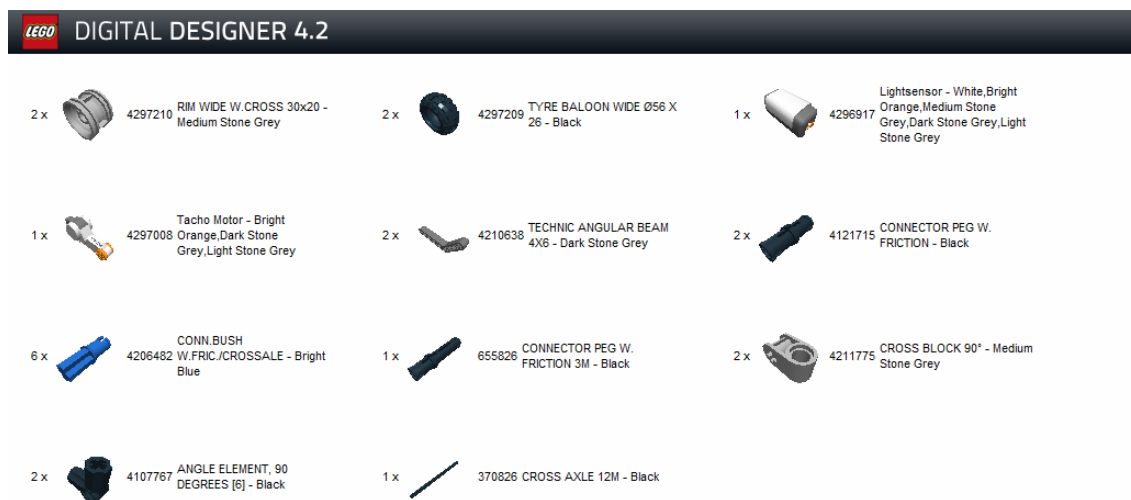


Fig.( 5.1.2.B.B1.2):Piezas para el Montaje de la estructura delantera.

Para la Tercera parte del montaje, parte superior de la estructura, se han utilizado las siguientes piezas:

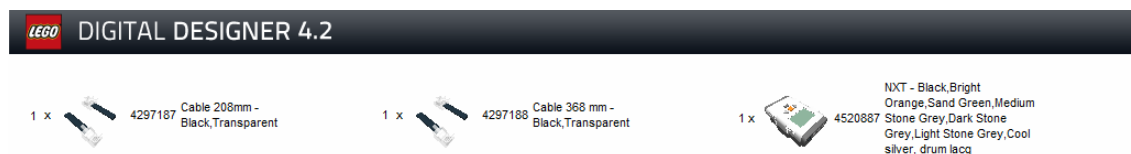


Fig.( 5.1.2.B.B1.3):Piezas para el Montaje de la estructura superior.

## B.2. Ensamblaje.

Tras conseguir las piezas utilizadas en las 3 partes que se compone nuestro Ingenio damos paso a su montaje y posterior unión.

### Ensamblaje Primera Parte.

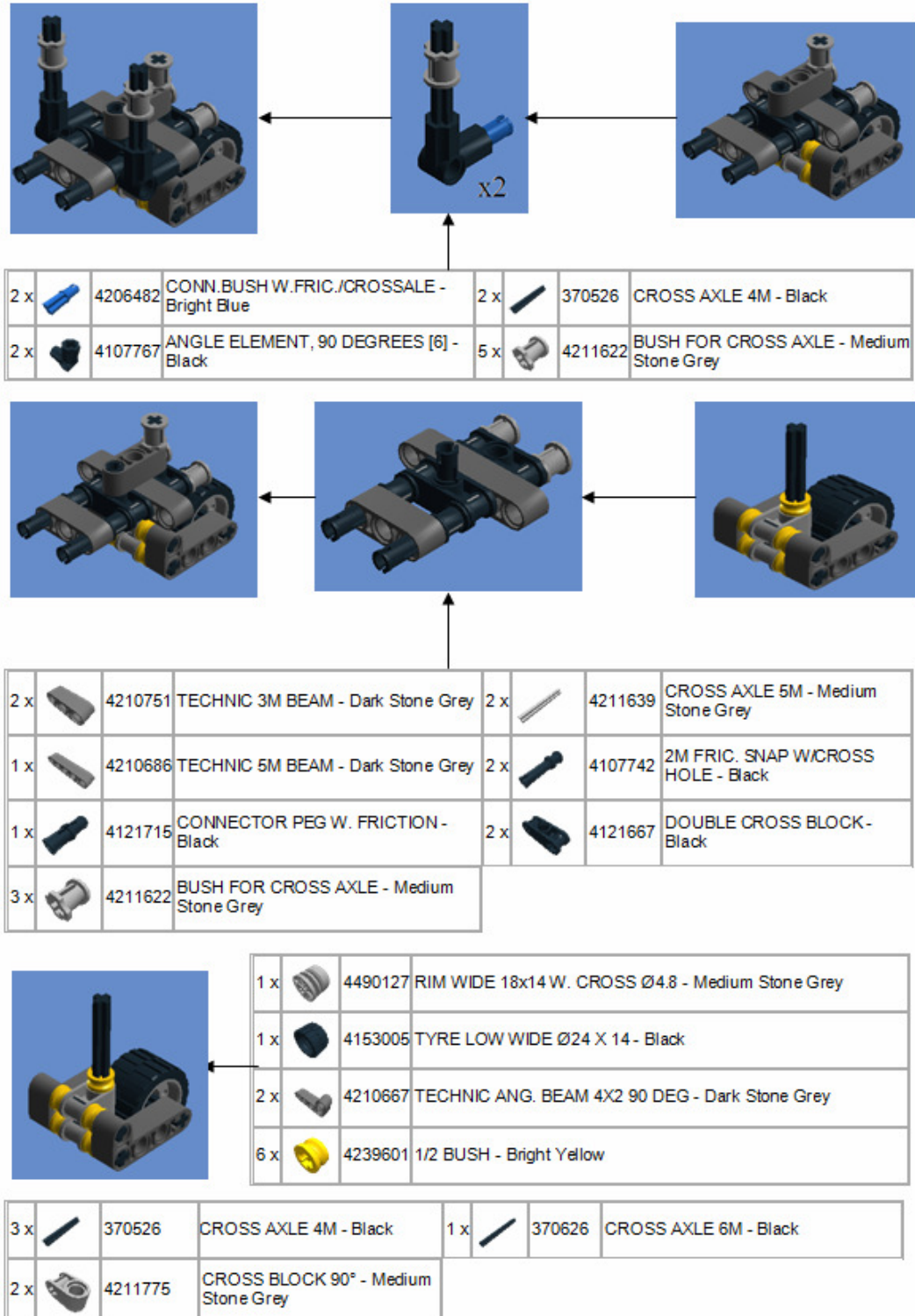


Fig.( 5.1.2.B.B2.1): Montaje de la primera parte, apoyo trasero.

## Ensamblaje Segunda Parte

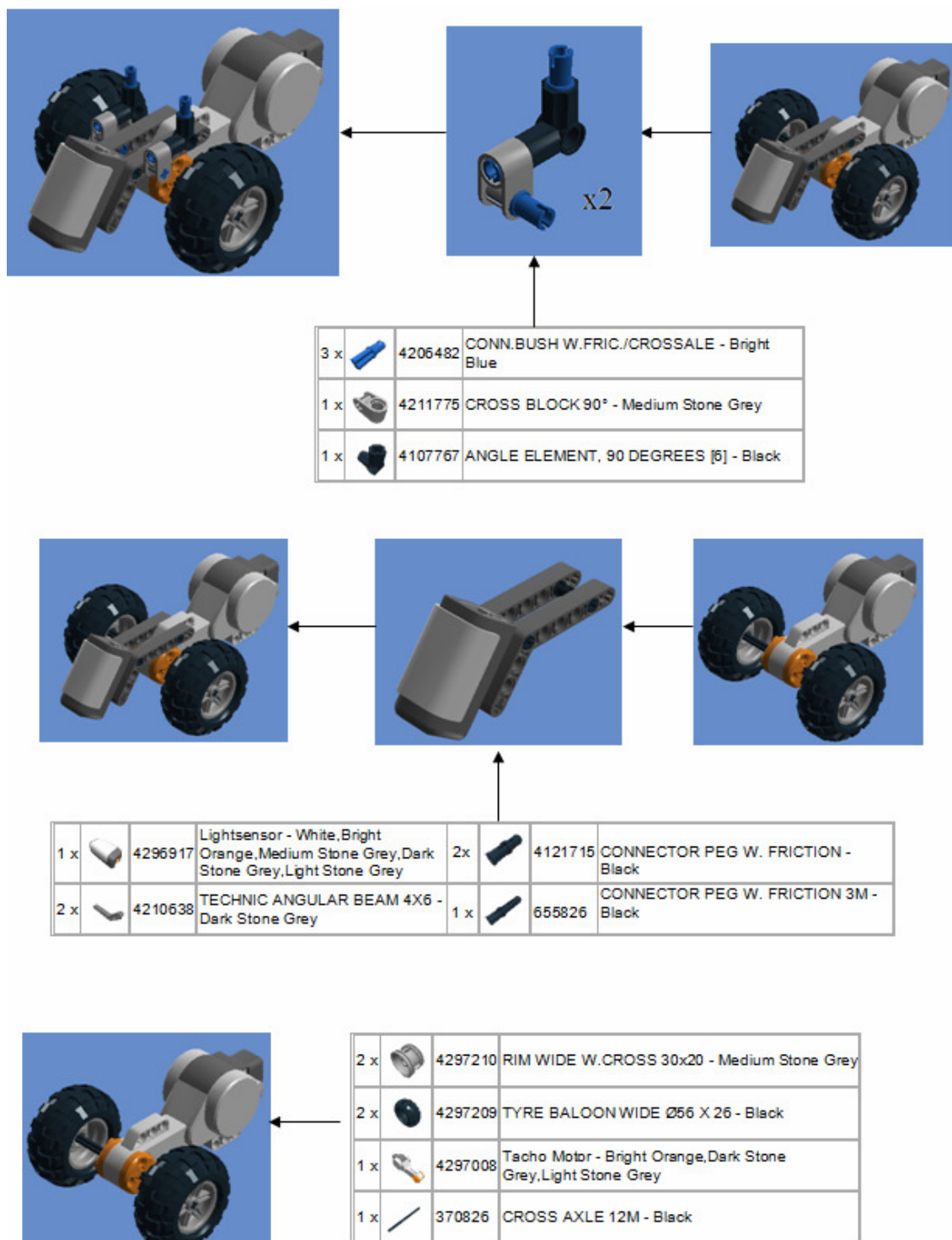


Fig.( 5.1.2.B.B2.2): Montaje de la Segunda parte, apoyo delantero.

Ensamblaje de la Tercera parte, tras unir la Primera y Segunda Parte, dando lugar al Ingenio Final

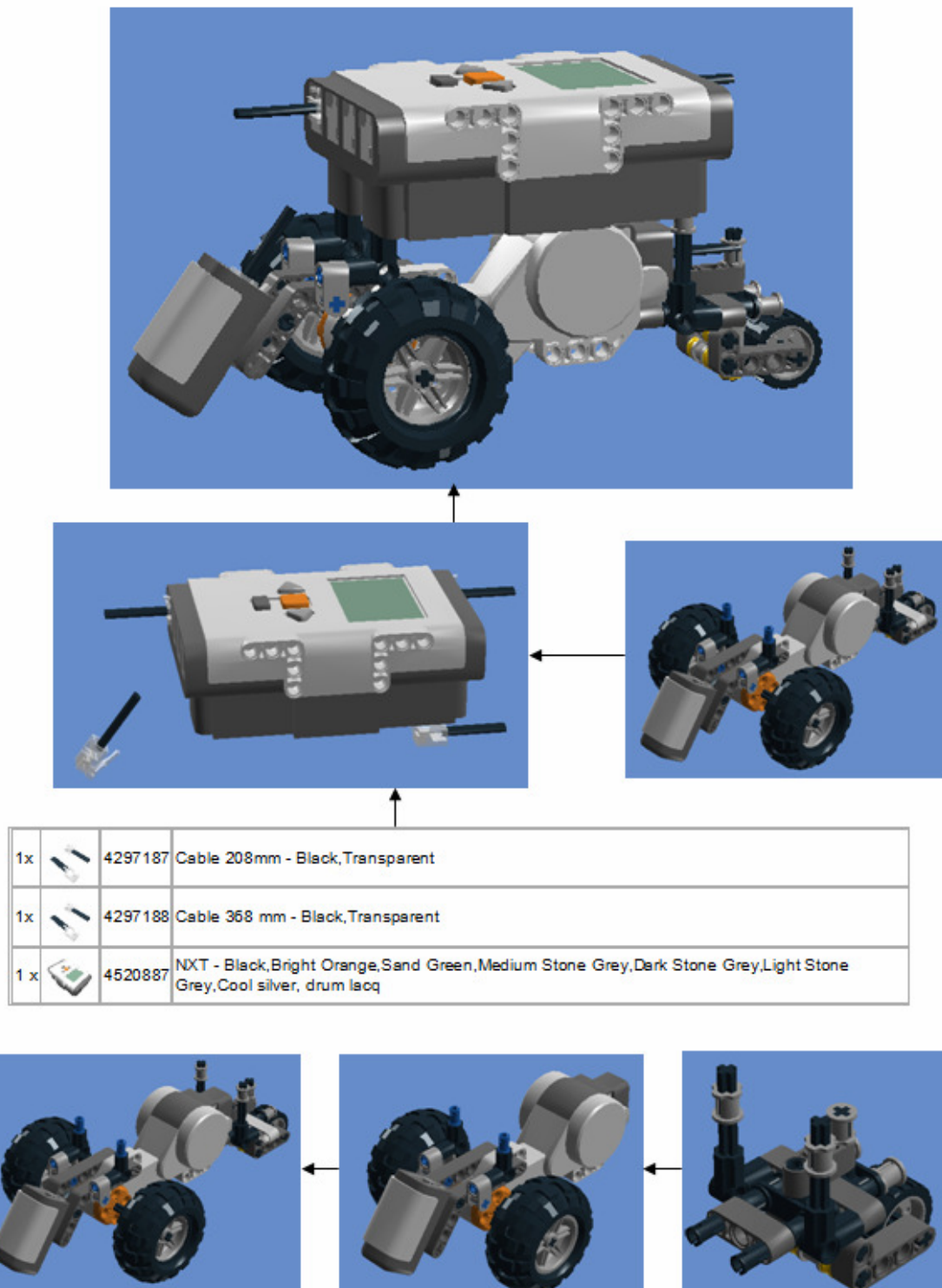


Fig.( 5.1.2.B.B2.3): Montaje de la estructura completa.

### B3. Dimensiones

Cotas expresadas en milímetros.

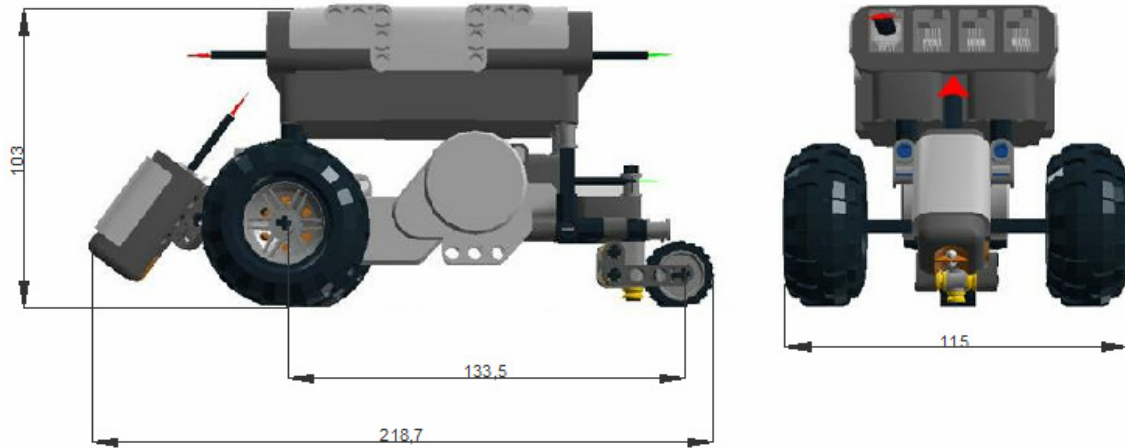


Fig.( 5.1.2.B.B3): Dimensiones del Primer montaje .

Largo (218,7 mm.) x Ancho (115 mm.) x Alto (103 mm.)



### C) Programación

Tras realizar el diseño, siguiendo el montaje utilizado con el Software LegoMindStorm. Aquí detallamos con los bloques la programación que seguirá el Robot. A continuación se muestra el programa marcado con una explicación detallada de cada función y su objetivo:

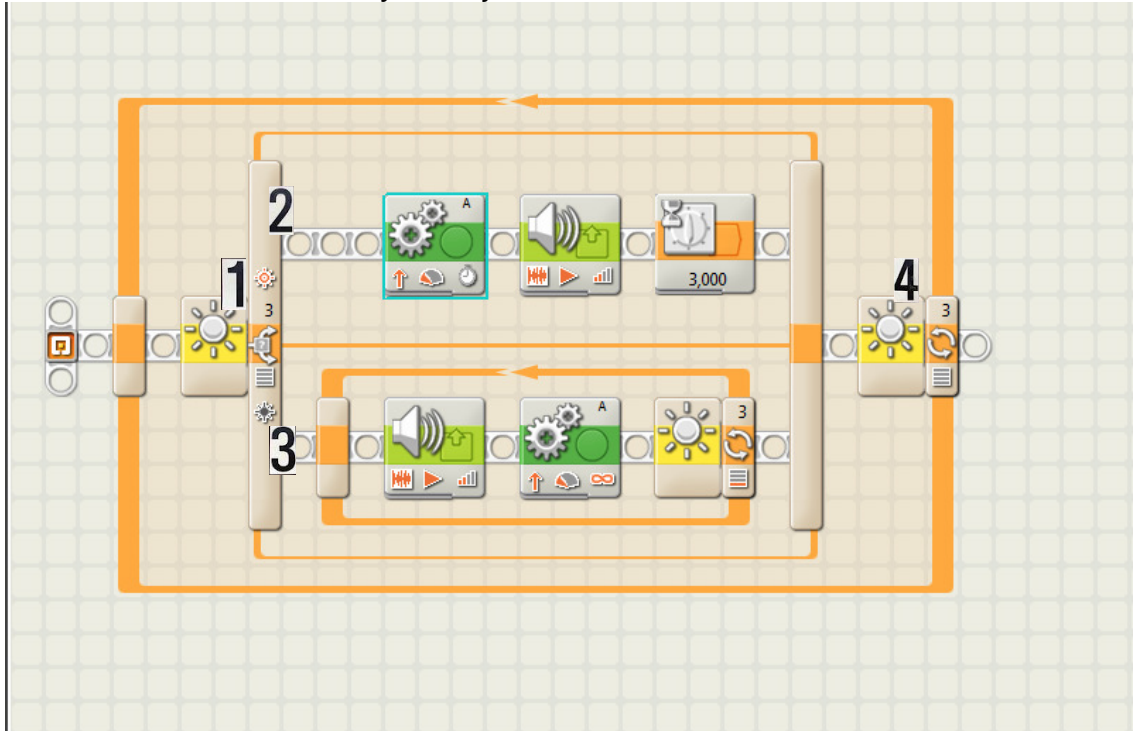


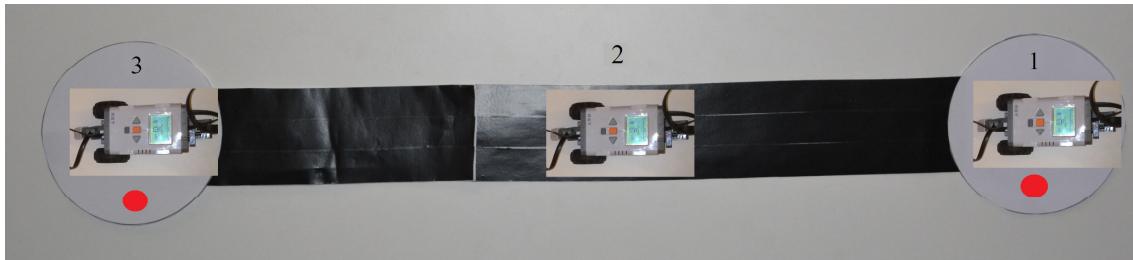
Fig.( 5.1.2.C): Programa para el Primer montaje .

1. En el primer bloque, utilizamos la herramienta switch, con la cual establecemos dos caminos posibles a seguir:
  - El camino marcado con el numero 2 lo elige si detecta superficie blanca.
  - El camino marcado con el numero 3 lo elige si detecta superficie negra.
2. En este camino se le ha programado al Robot que notifique que color a detectado a través de una señal de audio predefinida, tras la cual avanzara una distancia determinada y esperara 3 segundos. Con el objetivo de que tras los 3 segundos hace otra lectura, si la superficie es blanca se detendrá y si es negra activará la rutina del camino 3.
3. En esta rutina al robot se le ha programado que notifique que color a detectado a través de una señal de audio predefinida tras esto avanzara ilimitadamente hasta que detecte Blanco (white).

4. El robot se detendrá notificando la finalización del experimento con una señal de audio predefinida.

#### D) Funcionamiento

A continuación se explica brevemente el funcionamiento del Ingenio mecánico en la superficie de trabajo.



*Fig.( 5.1.2.D): Funcionamiento del Primer montaje .*

1. Punto inicial, estado parado.
2. Se ejecuta el programa y el Robot avanza sobre la línea negra, hasta que detecte color blanco. Indicando con una señal de Audio el color que detecta, en este caso "Black".
3. Al detectar color Blanco el Robot se detiene y con ello se finaliza el programa, indicando dicha acción con una señal de Audio.



## 5.2 SEGUNDO MONTAJE: VEHICULO DE GUIADO AUTOMÁTICO CON SENSOR DE LUZ, TACTO Y SONIDO.

En el presente montaje se muestra un vehiculo de guiado automático con tres sensores luz, Tacto y Sonido. Con la combinación de estos el robot se guiara en una trayectoria predefinida por el usuario interactuando con el entorno y respondiendo a tales acciones con las funciones programadas.



Fig.(5.2):Segundo Montaje.

En la Fig. 5.2 se muestra el montaje final, a continuación, se van a detallar los puntos que definen este montaje, marcados en la figura.

1. Servomotores, con estos comunicaremos movimiento a las Ruedas.
2. Sensor de tacto, con este se detectaran muros al presionar el pulsador.
3. Sensor de sonidos, solo trabaja como receptor de sonidos.
4. Sensor de luz, guiara al Robot por el circuito(color negro).
5. Bloque NXT, almacena y ejecuta el programa.
6. Apoyo trasero(esfera azul).

## 5.2.1 OBJETIVOS DEL MONTAJE

### A) Objetivos específicos del montaje

- Modificar el montaje anterior, mejorando el Ingenio con el objetivo de permitir giros.
- Utilizar el sensor de presión, sonido y luz en conjunto, interactuando de distinta manera con el entorno del Robot.
- Optimizar los giros buscando un punto de apoyo móvil trasero.
- Ampliar los conocimientos de programación, realizando un trayecto más complejo.

### B) Aplicaciones en el ámbito docente

- Introducir nuevos cambios que conlleven una modificación de la estructura con el objeto de lograr los objetivos del trayecto trazado, lo cual nos lleva de nuevo al Aprendizaje por descubrimiento.
- Dar utilidad a los nuevos sensores, lo que conlleva al alumno a adquirir experiencia en estos y ver su posible futura utilidad.
- Observar problemas en el Montaje y solucionarlos de manera Óptima.
- Estudiar de manera técnica, el porque se debe cambiar el apoyo móvil trasero por otro nuevo.

## 5.2.2 CONSTRUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

### A) Diseño del montaje

#### A1. Problemas encontrados y Soluciones implementadas

En el momento de realizar el montaje se instalo la misma rueda trasera (**Parte uno Primer montaje**) que en Montaje anterior, dando posteriormente el Problema en los giros debido a la gran carga que soporta en esta sección, posteriormente se dio paso a la modificación de esta sección probando diferentes apoyos móviles. **La solución** se encontró en montar una jaula que iría anclada a la parte trasera, cuyo interior estaría ocupado por una esfera de plástico (incluida en el paquete de Lego MindStorm), tras realizar las pruebas de giro se observaron giros mas precisos debido a que dicho apoyo ejercía menos fricción con las superficies que interactuaba y resistía la carga aplicada.

Como Problema en el funcionamiento se observo que el Sensor de Sonido al estar cerca de los motores podía verse afectado por el sonido emitido por estos en funcionamiento y con ello activar rutinas antes de tiempo. **Como Solución**

se optó por poner lo más alejado posible el Sensor de Sonido de tal manera que no se viese afectado por el sonido de los motores y que pudiese detectar el sonido emitido por el usuario (con el Objetivo de activar las rutinas) desde la mayoría de las posiciones posibles.

## B) Montaje

### B1. Piezas utilizadas

Al igual que en el anterior Montaje, mostramos los componentes de la parte trasera, la cual alberga la esfera, por consiguiente estará formada por:

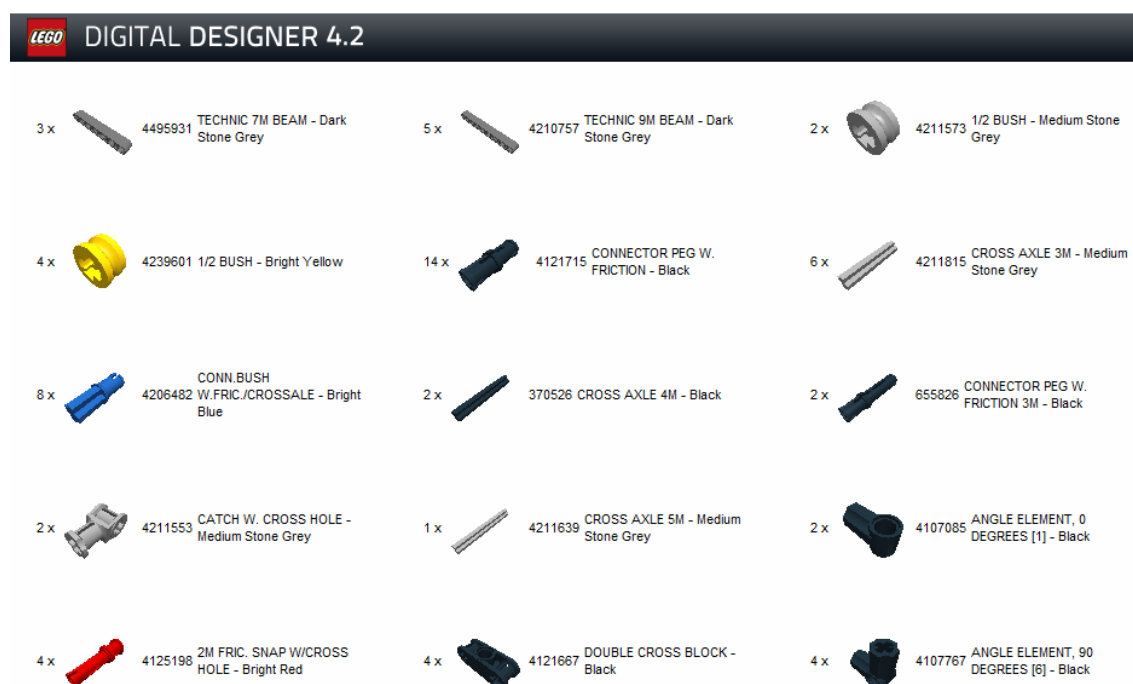


Fig.(5.2.2.B.B1.1): Piezas para el Montaje de la estructura trasera.

Para el Segundo Montaje, parte delantera del Ingenio, esta formada por:

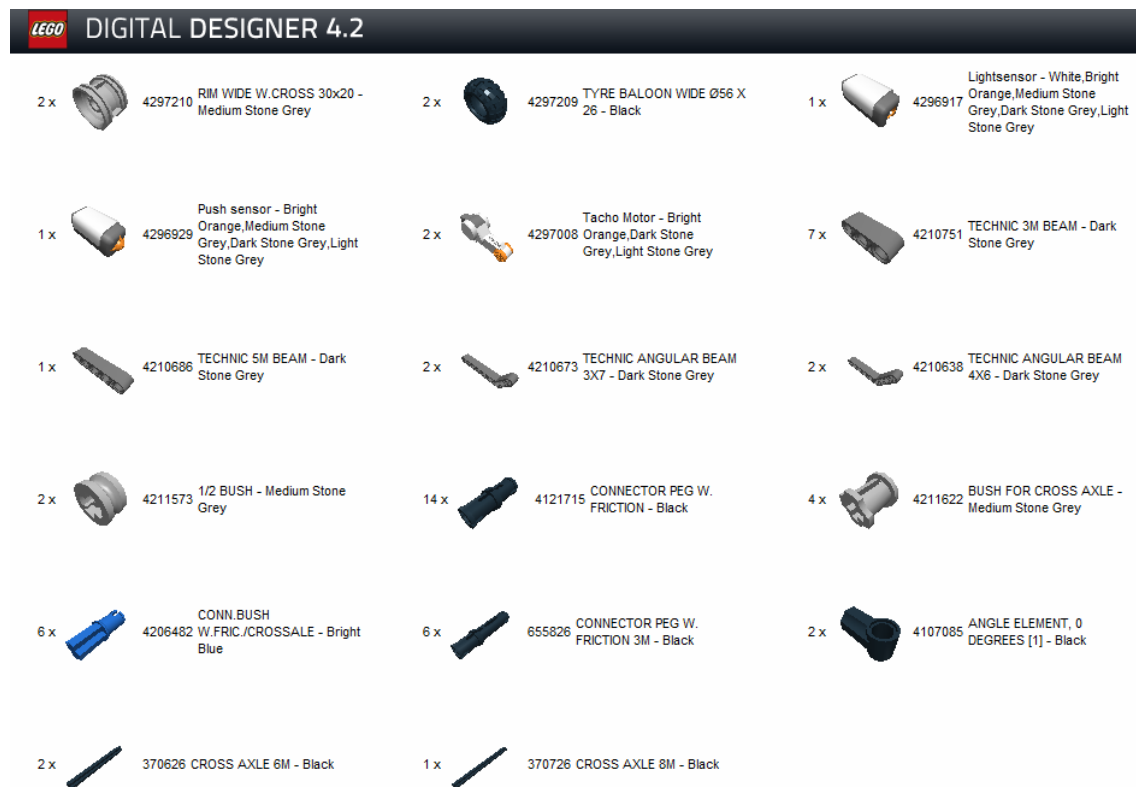


Fig.( 5.2.2.B.B1.2):Piezas para el Montaje de la estructura delantera.

La tercera parte del Montaje consta de los siguientes elementos:



Fig.( 5.2.2.B.B1.3):Piezas para el Montaje de la estructura superior.

## B2. Ensamblaje.

Tras conseguir las piezas utilizadas en las 3 partes que se compone nuestro Ingenio damos paso a su montaje y posterior unión.

Ensamblaje de elementos, Parte uno:

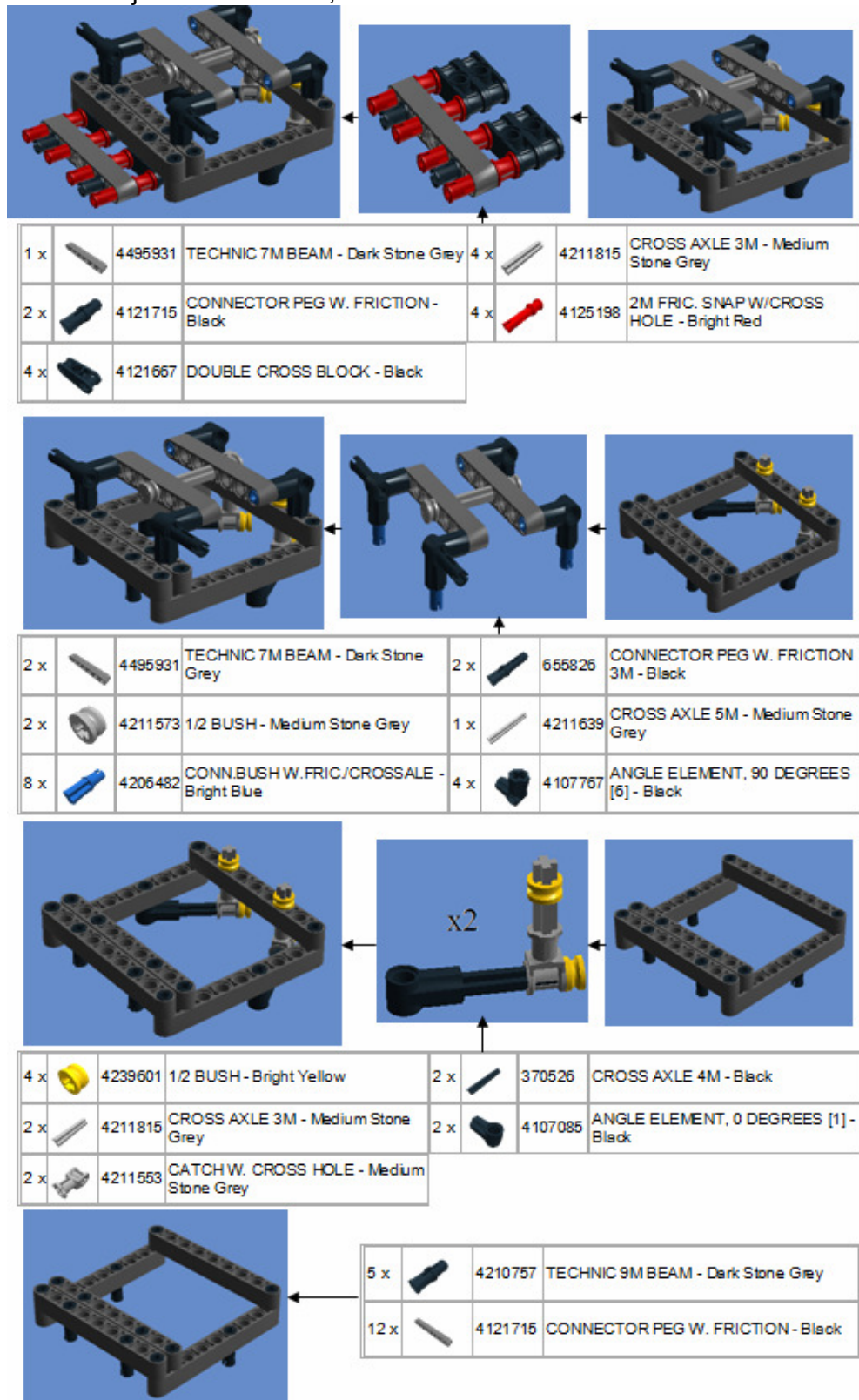
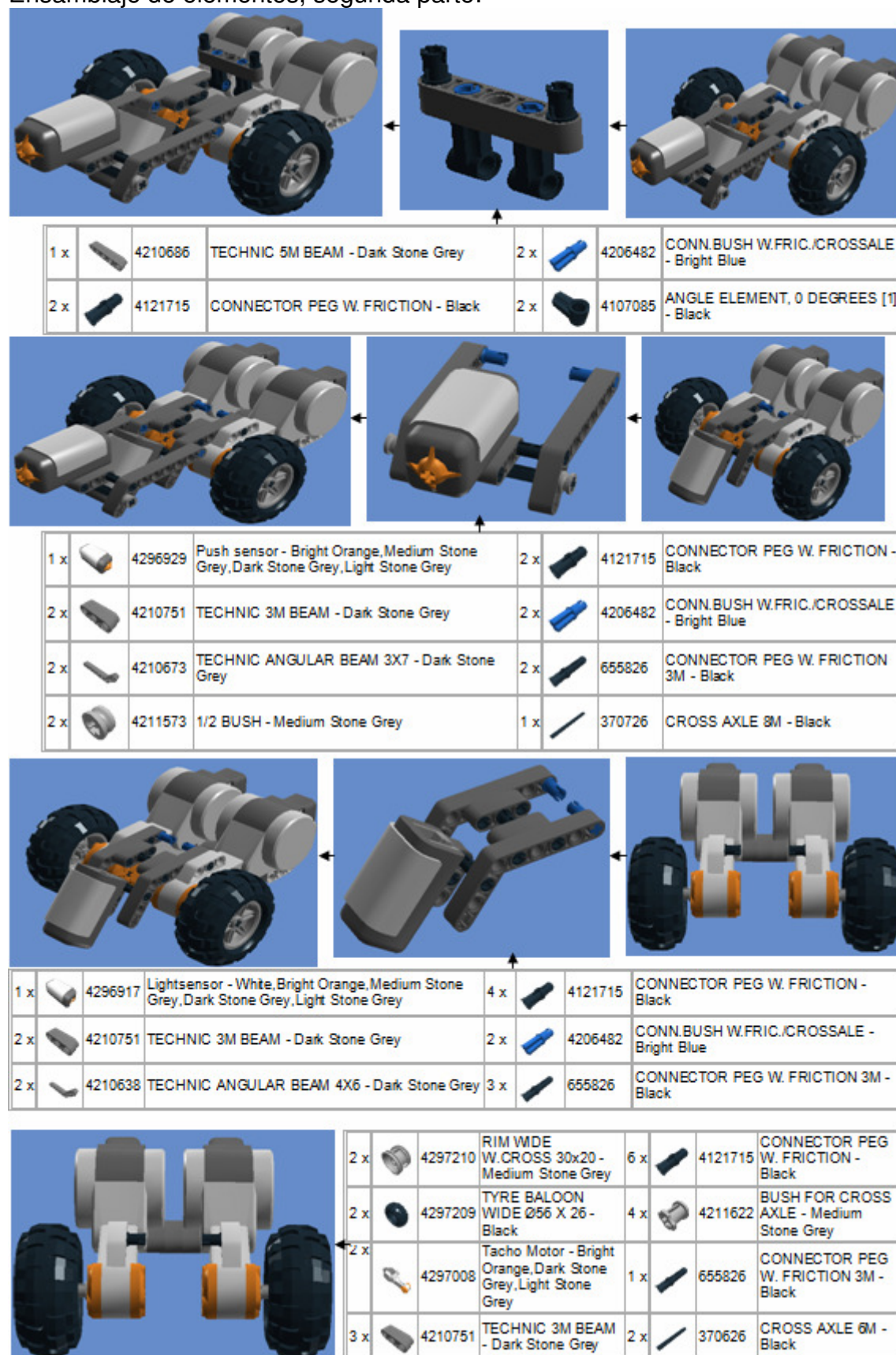














Fig.( 5.2.2.B.B2.1): Montaje de la primera parte, apoyo trasero.









# Ensamblaje de elementos, segunda parte:



1 x		4210686	TECHNIC 5M BEAM - Dark Stone Grey	2 x		4206482	CONN.BUSH W.FRIC./CROSSALE - Bright Blue
2 x		4121715	CONNECTOR PEG W. FRICTION - Black	2 x		4107085	ANGLE ELEMENT, 0 DEGREES [1] - Black

1 x		4296929	Push sensor - Bright Orange,Medium Stone Grey,Dark Stone Grey,Light Stone Grey	2 x		4121715	CONNECTOR PEG W. FRICTION - Black
2 x		4210751	TECHNIC 3M BEAM - Dark Stone Grey	2 x		4206482	CONN.BUSH W.FRIC./CROSSALE - Bright Blue
2 x		4210673	TECHNIC ANGULAR BEAM 3X7 - Dark Stone Grey	2 x		655826	CONNECTOR PEG W. FRICTION 3M - Black
2 x		4211573	1/2 BUSH - Medium Stone Grey	1 x		370726	CROSS AXLE 8M - Black

1 x		4296917	Lightsensor - White,Bright Orange,Medium Stone Grey,Dark Stone Grey,Light Stone Grey	4 x		4121715	CONNECTOR PEG W. FRICTION - Black
2 x		4210751	TECHNIC 3M BEAM - Dark Stone Grey	2 x		4206482	CONN.BUSH W.FRIC./CROSSALE - Bright Blue
2 x		4210638	TECHNIC ANGULAR BEAM 4X6 - Dark Stone Grey	3 x		655826	CONNECTOR PEG W. FRICTION 3M - Black









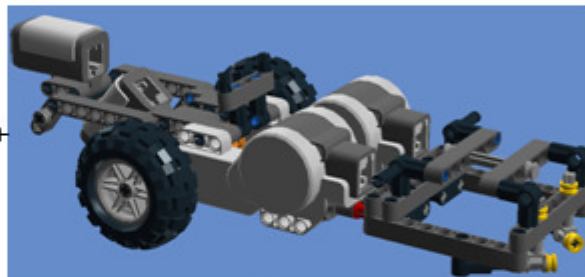
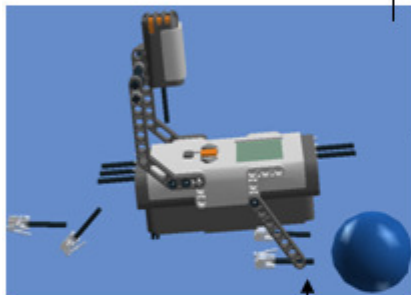
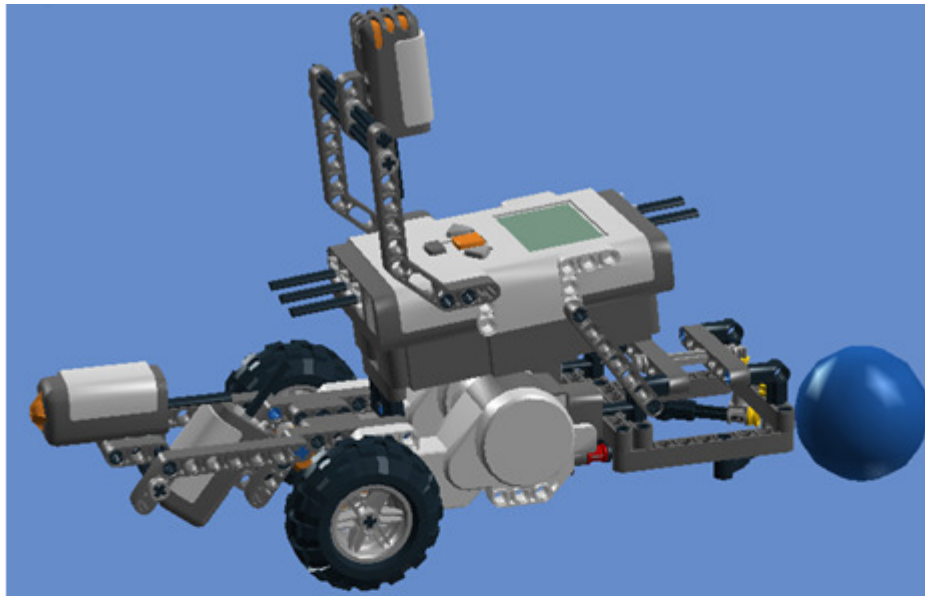
2 x		4297210	RIM WIDE W.CROSS 30x20 - Medium Stone Grey	6 x		4121715	CONNECTOR PEG W. FRICTION - Black
2 x		4297209	TYRE BALOON WIDE Ø56 X 26 - Black	4 x		4211622	BUSH FOR CROSS AXLE - Medium Stone Grey
2 x		4297008	Tacho Motor - Bright Orange,Dark Stone Grey,Light Stone Grey	1 x		655826	CONNECTOR PEG W. FRICTION 3M - Black
3 x		4210751	TECHNIC 3M BEAM - Dark Stone Grey	2 x		370626	CROSS AXLE 6M - Black

Fig.( 5.2.2.B.B2.2): Montaje de la Segunda parte, apoyo delantero

Ensamblaje de elementos, parte tres y final:



1 x		4297187	Cable 208mm - Black, Transparent	2 x		4210668	DOUBLE ANGULAR BEAM 3X7 45° - Dark Stone Grey
4 x		4297185	Cable 495 mm - Black, Transparent	4 x		4211573	1/2 BUSH - Medium Stone Grey
1 x		4296969	Soundsensor - Bright Orange, Medium Stone Grey, Dark Stone Grey, Light Stone Grey	8 x		4121715	CONNECTOR PEG W. FRICTION - Black
1 x		4520887	NXT - Black, Bright Orange, Sand Green, Medium Stone Grey, Dark Stone Grey, Light Stone Grey, Cool silver, drum lacq	2 x		370826	CROSS AXLE 12M - Black
2 x		4495931	TECHNIC 7M BEAM - Dark Stone Grey	1 x		4100758	BALL Ø 52 MM, CHARCOAL GREY - Bright Blue

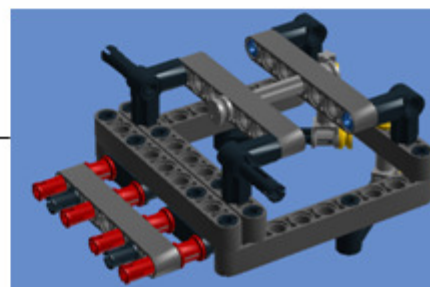
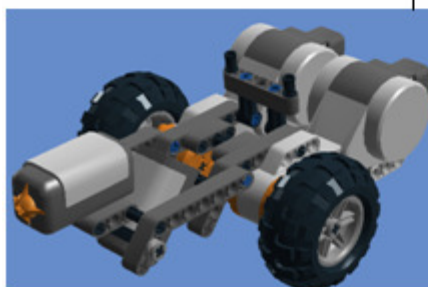


Fig.( 5.2.2.B.B2.3): Montaje de la estructura completa.

### B3. Dimensiones

Cotas expresadas en milímetros.

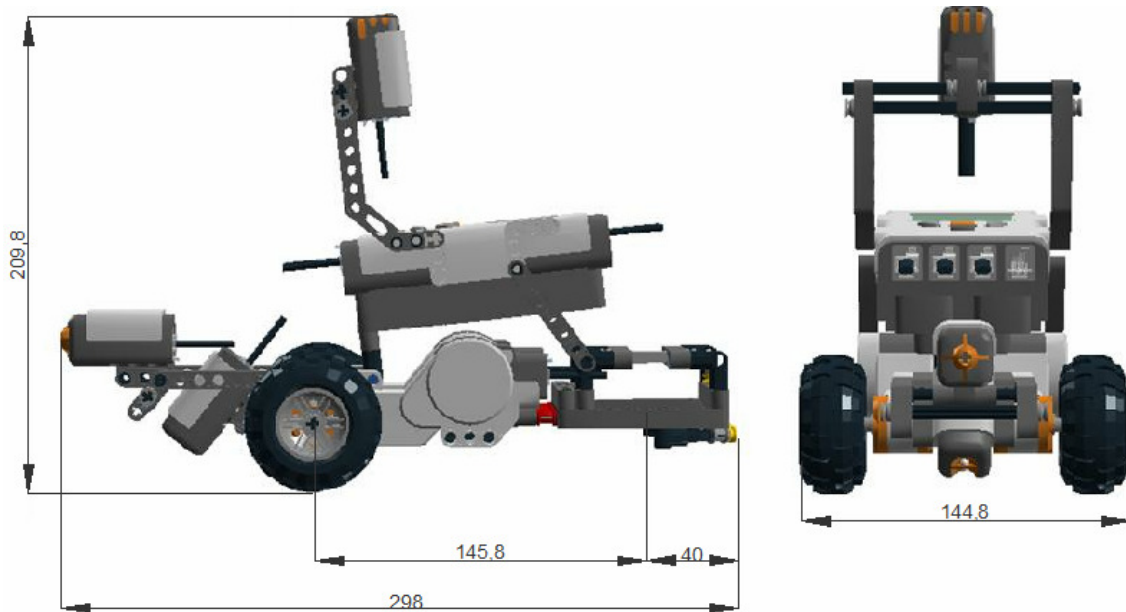


Fig.( 5.2.2.B.B3.): Dimensiones Segundo Montaje

Largo ( 298 mm.) x Ancho (144,8 mm.) x Alto ( 209,8 mm.)

### C) Programación

Tras completar el montaje del Ingenio Mecánico, damos paso a mostrar la programación con la cual se ha interactuado con el entorno, para cumplir con los Objetivos inicialmente señalados.

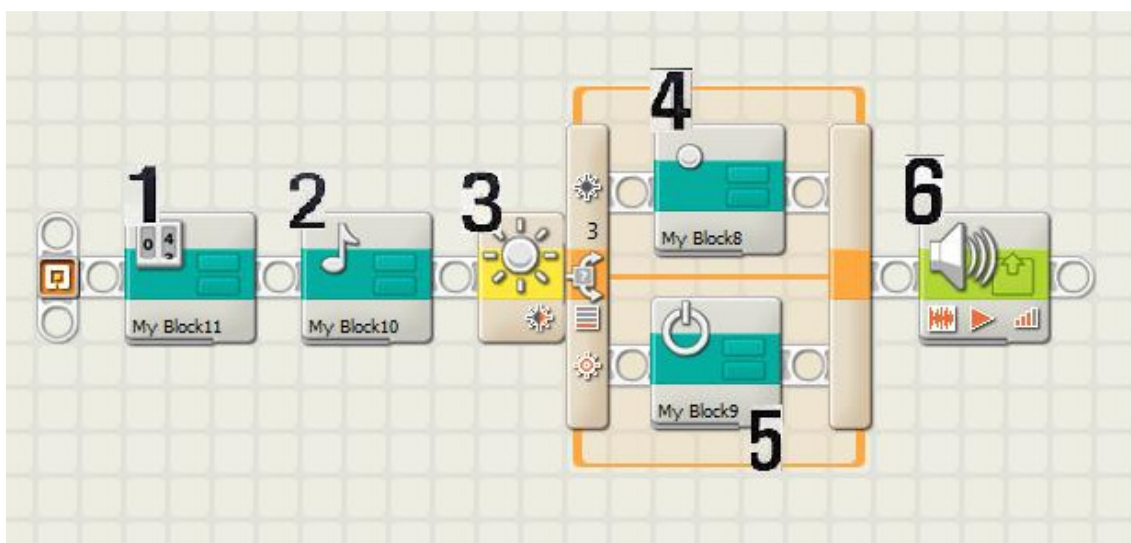


Fig.( 5.2.2.C): Programa para el Segundo Montaje.



1. En el presente Bloque Función, esta contenido por programa del Primer montaje, el cual nos indica que avanza sobre una línea negra o esta en una zona blanca.
2. El Bloque Función (MyBlock10), esta contenido por los siguientes bloques:

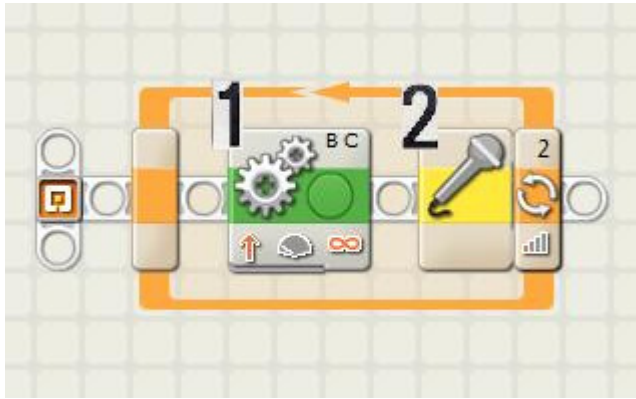


Fig.( 5.2.2.C.1.2):Función MyBlock 10

- 2.1. En este punto definimos un avance de motor ilimitado.
- 2.2. En este bloque Loop controlado por el sensor de sonido, Programamos al sensor que si no detecta un sonido superior a 30dB repetirá el bucle indefinidamente
3. En este Bloque Switch, definimos que si el grado de luminosidad detectado por el Sensor de Luz es mayor a 30 sobre 100 tomara el camino denominado "5" y si es menor a 30 tomara el camino denominado "4".
4. Al haber detectado un grado de luminosidad menor a 30 escogemos este camino que estará compuesto por un Bloque Función denominado "MyBlock8" que estará compuesto por los siguientes bloques y funciones:

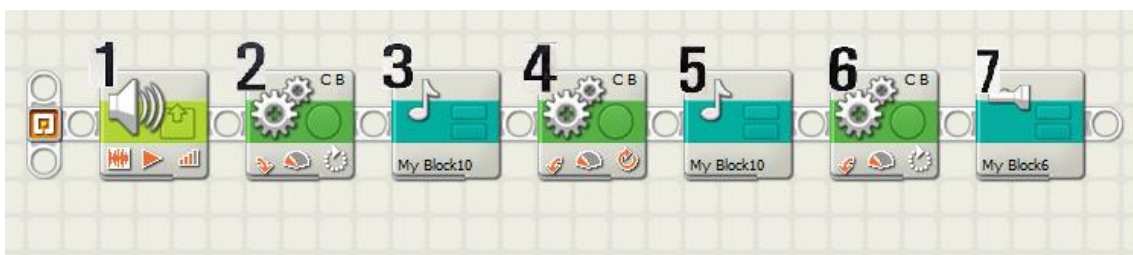


Fig.( 5.2.2.C.1.4): Función MyBlock8.

- 4.1 En este bloque Programamos al Robot que emita un sonido predefinido, con el objetivo de saber que camino ha escogido.
- 4.2. En el siguiente Bloque Programamos que el Robot gire 90º, con el objeto de situarse sobre el trazado predefinido.

4.3 En el siguiente Bloque Función denominado “MyBlock10” realizamos la operación definida en el punto del programa principal denominado “2”.

4.4 Tras ello definimos otro giro de 90º, con el objeto de situarse sobre el trazado predefinido.

4.5 Repetimos la operación del punto denominado “4.3”.

4.6 Se realiza otra orden de giro, esta vez de 60º.

4.7 Se activa el Bloque de Función denominado “MyBlock6”, contenido por las siguientes funciones:

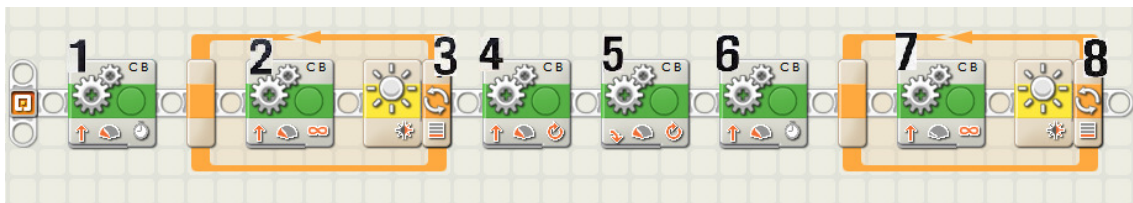


Fig.( 5.2.2.C.1.4.7): Función MyBlock6.

4.7.1. En este bloque Programamos al robot un avance de 1 rotación para posicionarse sobre el trazado negro.

4.7.2. Programamos al Robot que avance ilimitadamente.

4.7.3. Programamos al Robot active el anterior bloque hasta que la luminosidad detectada por el Sensor de Luz devuelva un valor mayor a 30.

4.7.4. En este bloque Programamos al robot un avance de 1 rotación para posicionarse.

4.7.5. Programamos un giro de 60º, con el objeto de enderezar al Robot.

4.7.6. Programamos al Robot que avance 0,7 segundos, con el objeto de posicionarse.

4.7.7. Programamos al Robot que avance ilimitadamente.

4.7.8. Programamos al Robot active el anterior bloque hasta que la luminosidad detectada por el Sensor de Luz devuelva un valor mayor a 30.

**5.** Al haber detectado un grado de luminosidad mayor a 30 escogemos este camino que estará compuesto por un Bloque Función denominado “MyBlock9” que estará compuesto por los siguientes bloques y funciones:

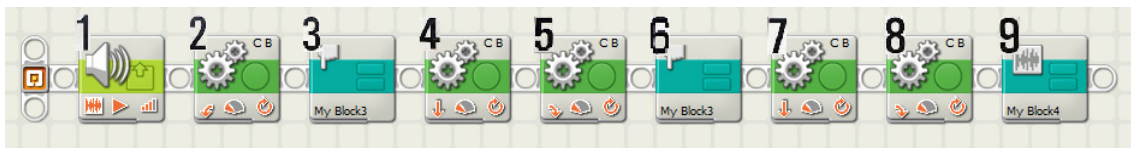


Fig.( 5.2.2.C.1.5): Función MyBlock9.

- 5.1. En este bloque Programamos al Robot que emita un sonido predefinido, con el objetivo de saber que camino ha escogido.
- 5.2. En el siguiente Bloque Programamos que el Robot gire 90º, con el objeto de situarse sobre el trazado predefinido.
- 5.3. En la siguiente función denominada “MyBlock3” se ordena al Robot que, avance por la trayectoria definida hasta que el sensor de tacto detecte un muro.

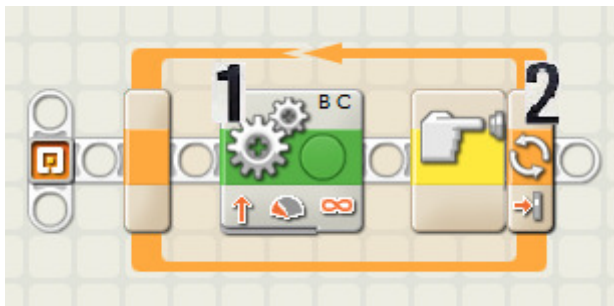


Fig.( 5.2.2.C.1.5.3):Función MyBlock3.

- 5.3.1. Avance ilimitado al 30 por 100.
- 5.3.2. Este Loop(Bucle) estará activo hasta que el sensor de tacto detecte el muro.
- 5.4. Avance hacia atrás del Robot de 0,15 Rotaciones, con el objeto de evitar rozamientos con el muro.
- 5.5. Tras ello definimos otro giro de 90º, con el objeto de situarse sobre el trazado predefinido.
- 5.6. En la siguiente función denominada “MyBlock3” se ordena al Robot que, avance por la trayectoria definida hasta que el sensor de tacto detecte un muro.
- 5.7. Avance hacia atrás del Robot de 0,15 Rotaciones, con el objeto de evitar rozamientos con el muro.
- 5.8. Se realiza otra orden de giro, esta vez de 60º.
- 5.9. Se activa el Bloque de Función denominado “MyBlock4”, contenido por las siguientes funciones:

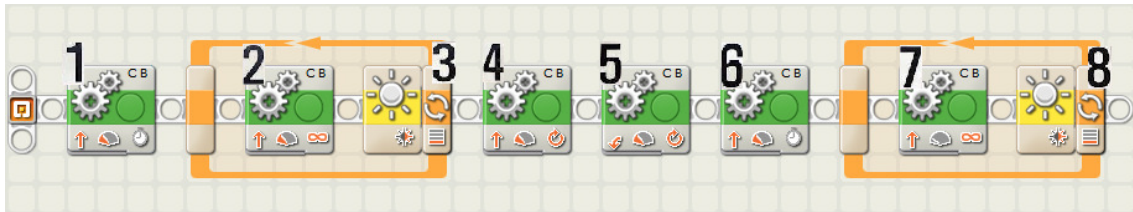


Fig.( 5.2.2.C.1.5.9):Función MyBlock4.

- 5.9.1. En este bloque Programamos al robot un avance de 1 rotación para posicionarse sobre el trazado negro.
  - 5.9.2. Programamos al Robot que avance ilimitadamente.
  - 5.9.3. Programamos al Robot active el anterior bloque hasta que la luminosidad detectada por el Sensor de Luz devuelva un valor mayor a 30.
  - 5.9.4. En este bloque Programamos al robot un avance de 1 rotación para posicionarse.
  - 5.9.5. Programamos un giro de 60º, con el objeto de enderezar al Robot.
  - 5.9.6. Programamos al Robot que avance 0,7 segundos, con el objeto de posicionarse.
  - 5.9.7. Programamos al Robot que avance ilimitadamente.
  - 5.9.8. Programamos al Robot active el anterior bloque hasta que la luminosidad detectada por el Sensor de Luz devuelva un valor mayor a 30.
6. Se programa al Robot que, comunique con un sonido predefinido el Final del Trayecto.

#### D) Funcionamiento

A continuación se va a dar paso a explicar de forma grafica junto con una breve explicación de cada acción, la interacción del Ingenio mecánico con la trayectoria predefinida con objeto de lograr los objetivos marcados.

Corresponde a la explicación del Punto Numero 4 de la Programación ( Primer Camino).

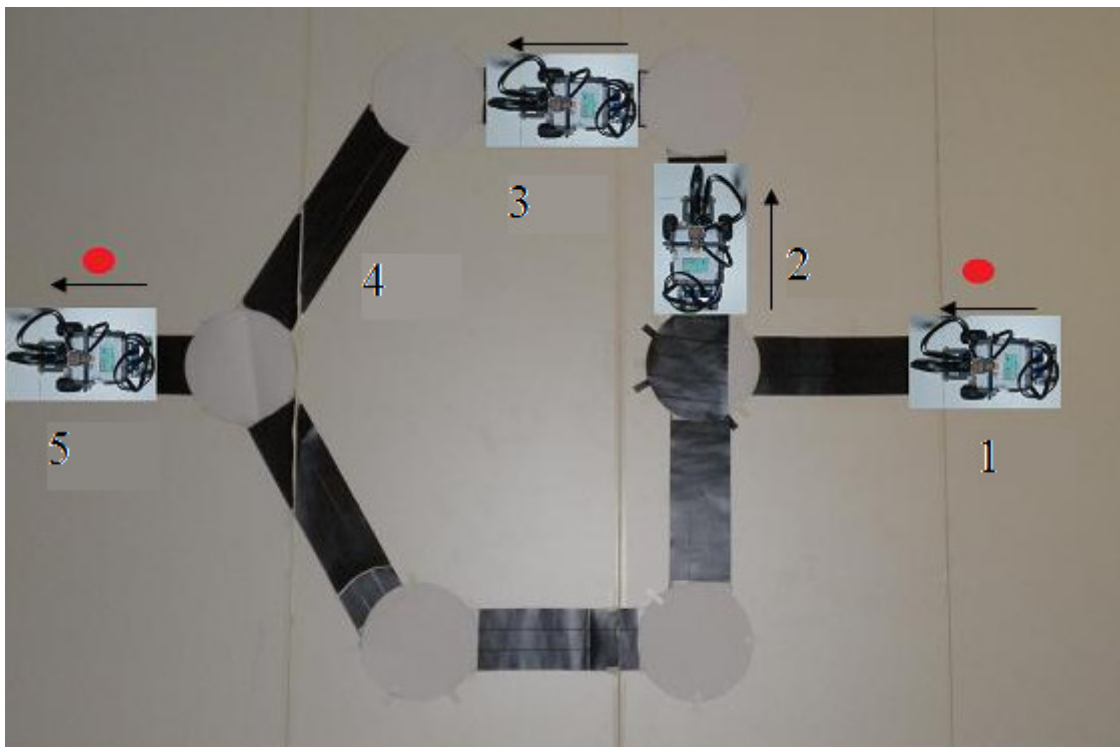


Fig.( 5.2.2.D.1):Funcionamiento cuando la Primera Base es Negra.

1. Punto inicial, estado del Robot Parado, a punto de iniciar el avance.
2. Tras detectar que la base es Negra(Sensor de Luz) envía una señal que indicara el camino a escoger, se queda a la espera de recibir la señal de audio(Sensor de Audio) con el objeto de girar  $90^\circ$  y seguir avanzando.
3. El Robot sigue avanzando hasta que le indiquemos mediante un señal de Audio(Sensor de Audio), que puede ejecutar el siguiente bloque, tras esto girara  $90^\circ$  y seguirá avanzando.
4. El Robot sigue avanzando hasta que le indiquemos mediante un señal de Audio(Sensor de Audio), que puede ejecutar el siguiente bloque, tras esto girara  $60^\circ$  y seguira avanzando.
5. Tras detectar que la base es blanca (Sensor de Luz), se posiciona y realiza un giro de  $60^\circ$ , tras esto el Robot sigue avanzando hasta detectar la siguiente base blanca (Sensor de Luz), y finaliza el Programa con una señal de Audio.

Corresponde a la explicación del Punto Numero 5 de la Programación (Segundo Camino).

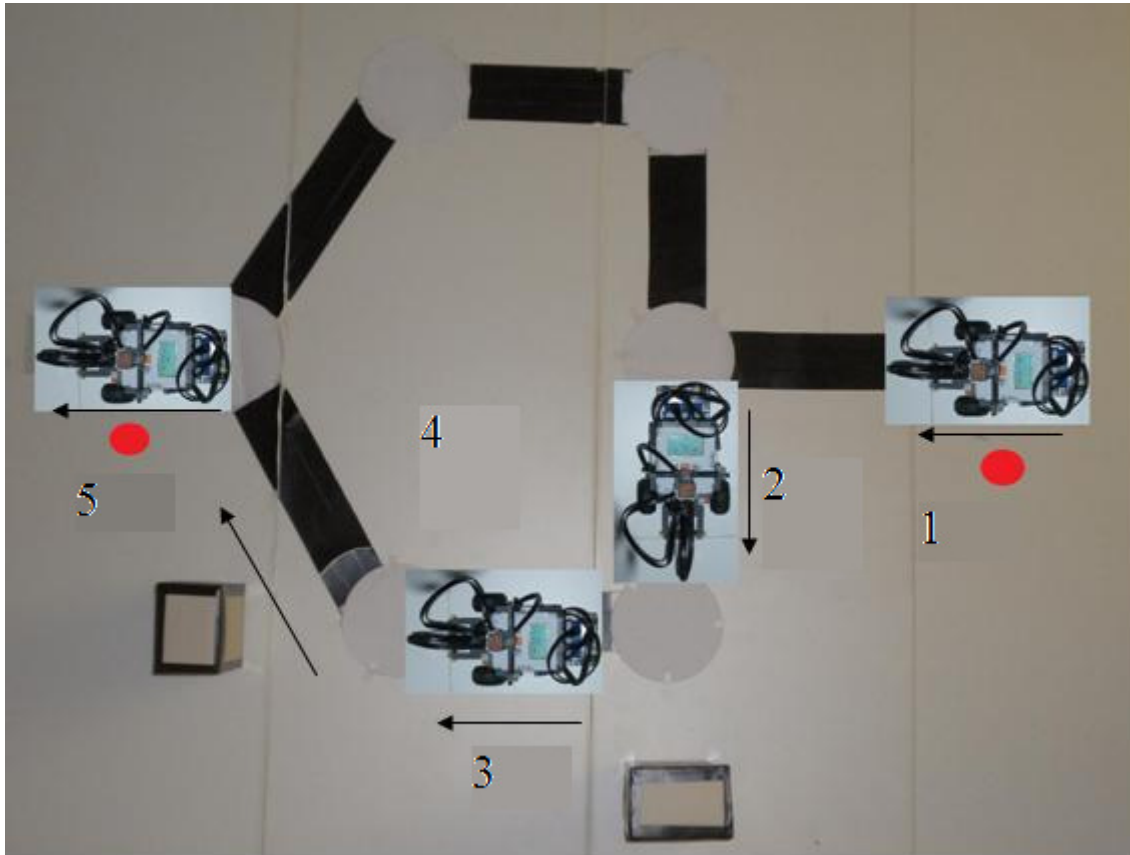


Fig.( 5.2.2.D.2):Funcionamiento cuando la Segunda base es Blanca.

1. Punto inicial, estado del Robot Parado, a punto de iniciar el avance.
2. Tras detectar que la base es blanca (Sensor de Luz) envía una señal que indicara el camino a escoger, se queda a la espera de recibir la señal de audio(Sensor de Audio) con el objeto de girar 90º y seguir avanzando.
3. Tras tocar con el muro (Sensor de Tacto), retrocede y realiza un giro de 90º y sigue avanzando.
4. Tras tocar con el Segundo muro (Sensor de Tacto), retrocede y realiza un giro de 60º y sigue avanzando.
5. Tras detectar que la base es blanca (Sensor de Luz), se posiciona y realiza un giro de 60º, tras esto el Robot sigue avanzando hasta detectar la siguiente base blanca (Sensor de Luz), y finaliza el Programa con una señal de Audio.



### 5.3 TERCER MONTAJE: VEHICULO DE GUIADO AUTOMÁTICO CON SENSOR DE LUZ Y ULTRASONIDOS.

En el presente Montaje se presenta el funcionamiento de un vehiculo con sensor de Luz y Ultrasonidos guiado a través de una línea de color oscuro con el objeto de escoger una ruta u otra según detecte objetos en el camino que le obliguen a cambiar la ruta hasta el destino predefinido.

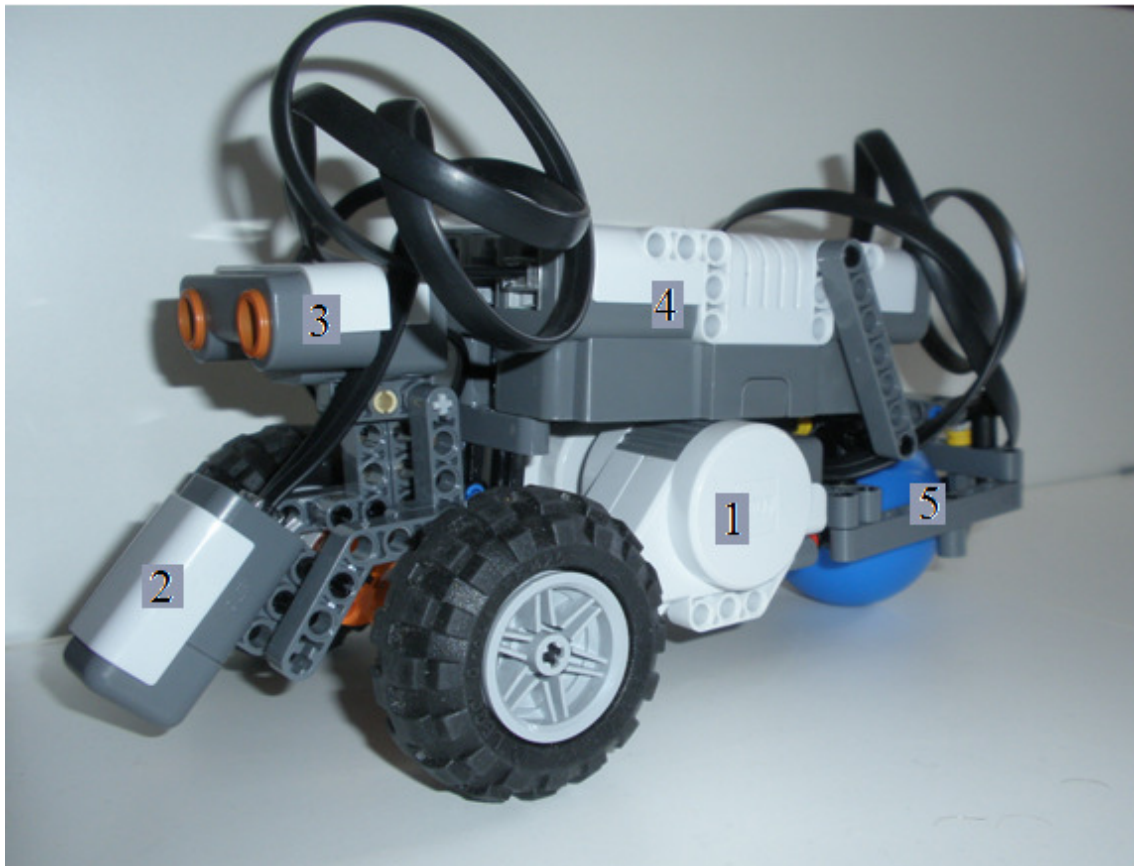


Fig.(5.3): Tercer montaje.

En la Fig. 5.3 se muestra el montaje final, a continuación, se van a detallar los puntos que definen este montaje, marcados en la figura.

1. Servomotores, comunicará el movimiento a las Ruedas.
2. Sensor de Luz, guiara al Robot por las trayectorias de color Negro.
3. Sensor de Ultrasonidos, detectara obstáculos.
4. Bloque NXT, almacena y ejecuta el programa.
5. Apoyo trasero (esfera azul).

### 5.3.1 OBJETIVOS DEL MONTAJE

#### A. Objetivos específicos del montaje

- Mostrar la efectividad de un sensor de ultrasonidos en un vehículo de guiado automático interactuando con el entorno.
- Utilizar Programas anteriores.
- Utilizar los elementos necesarios para cumplir los objetivos marcados.
- Ampliar conocimientos en el uso de sensores y sus aplicaciones, utilizando en este programa nuevos bloques y la programación con señales lógicas de tipo “verdadero” o “falso”.

#### B. Aplicaciones en el ámbito docente

- Conseguir que el Alumno consiga los objetivos de manera rápida y eficiente, realizando pocos cambios en la estructura, planteándose con ello, cuales de los sensores tendrá que utilizar para conseguir los objetivos marcados.
- Ampliar los conocimientos de los alumnos de manera técnica con el uso de nuevos sensores.

### 5.3.2 CONSTRUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

#### A) Diseño del montaje

##### A.1. Problemas encontrados. Soluciones implementadas.

En el funcionamiento se sigue el siguiente patrón:

Se avanza con un bloque de Movimiento (con movimiento ilimitado).

Se realiza la lectura con el Sensor de Ultrasonidos.

Se programa una función de Audio con Objeto de notificar al Usuario el resultado de la lectura.

Por consiguiente, como problema, si la potencia transmitida es muy alta el Robot realiza los pasos 2 y 3 a una velocidad elevada resultando en un choque contra el muro mientras esta notificando con la señal de audio que ha detectado un objeto.

**Como Solución**, se ha bajado la potencia y con ello da tiempo a realizar los dos bloques y activar las siguientes rutinas, evitando así el choque contra el muro. Se ha valorado otra opción, introducir un bloque de espera seguido de una lectura del entorno y tras esto escoger un camino u otro. Se ha apostado por la solución inicial, puesto que el Robot no realiza paradas y el movimiento es totalmente fluido.



Como Problema, se ha detectado que la parte trasera (contiene la esfera) disponía de una unión débil con los motores y resultaba en variaciones en el funcionamiento.

**Como Solución**, se ha reforzado la unión con los Motores utilizando mas clavijas unidas a la parte trasera, con esto ha resultado un montaje más fiable y sin variaciones en el funcionamiento evitando así perdida de tiempos en revisar la unión trasera.

## B) Montaje

### B.1. Piezas utilizadas

Para la Primera parte del montar, parte trasera de la estructura, se han utilizado las siguientes piezas:

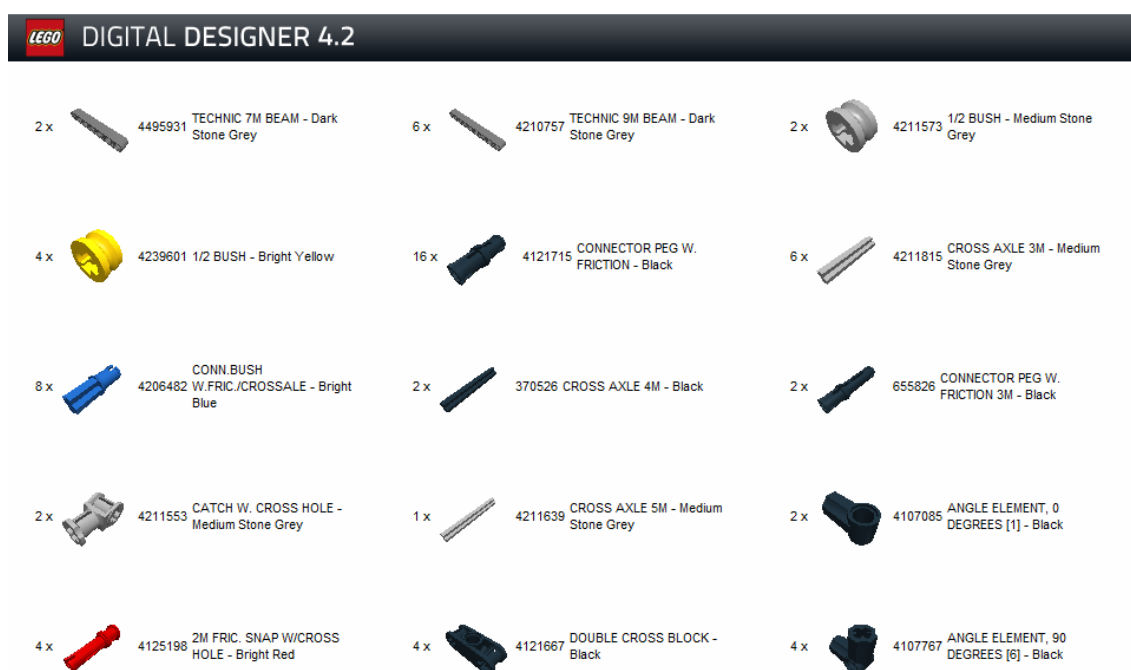


Fig.(5.3.2.B.B1.1): Piezas para el Montaje de la parte trasera.

Para la Segunda parte del montaje, parte delantera de la estructura, se han utilizado las siguientes piezas:

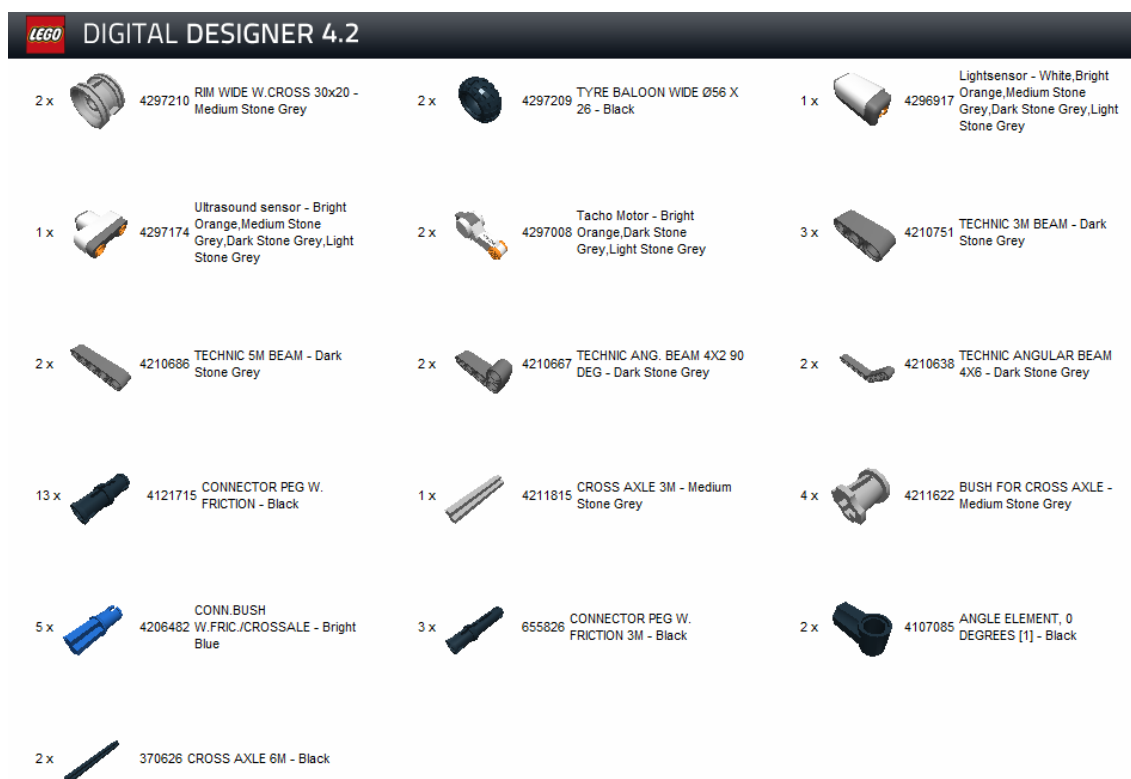


Fig.( 5.3.2.B.B1.2): Piezas para el Montaje de la parte delantera.

Para la tercera parte del montaje, parte superior de la estructura, se han utilizado las siguientes piezas

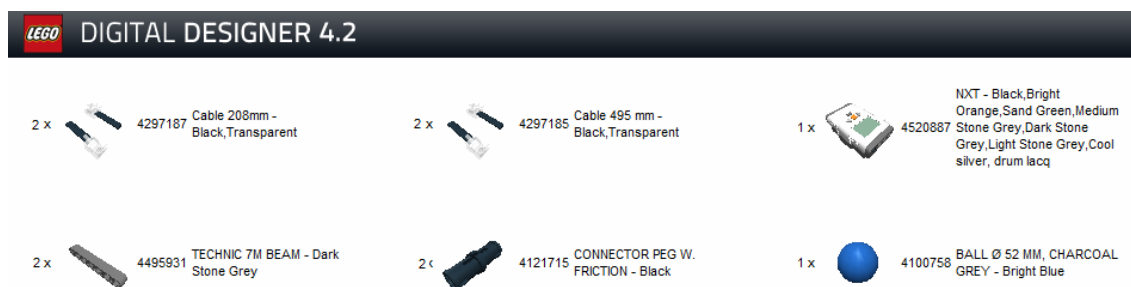


Fig.( 5.3.2.B.B1.3): Piezas para el Montaje de la parte superior.

## B2. Ensamblaje.

Tras conseguir las piezas utilizadas en las 3 partes que se compone nuestro Ingenio damos paso a su montaje y posterior unión.

## Ensamblaje de elementos, Primera parte:

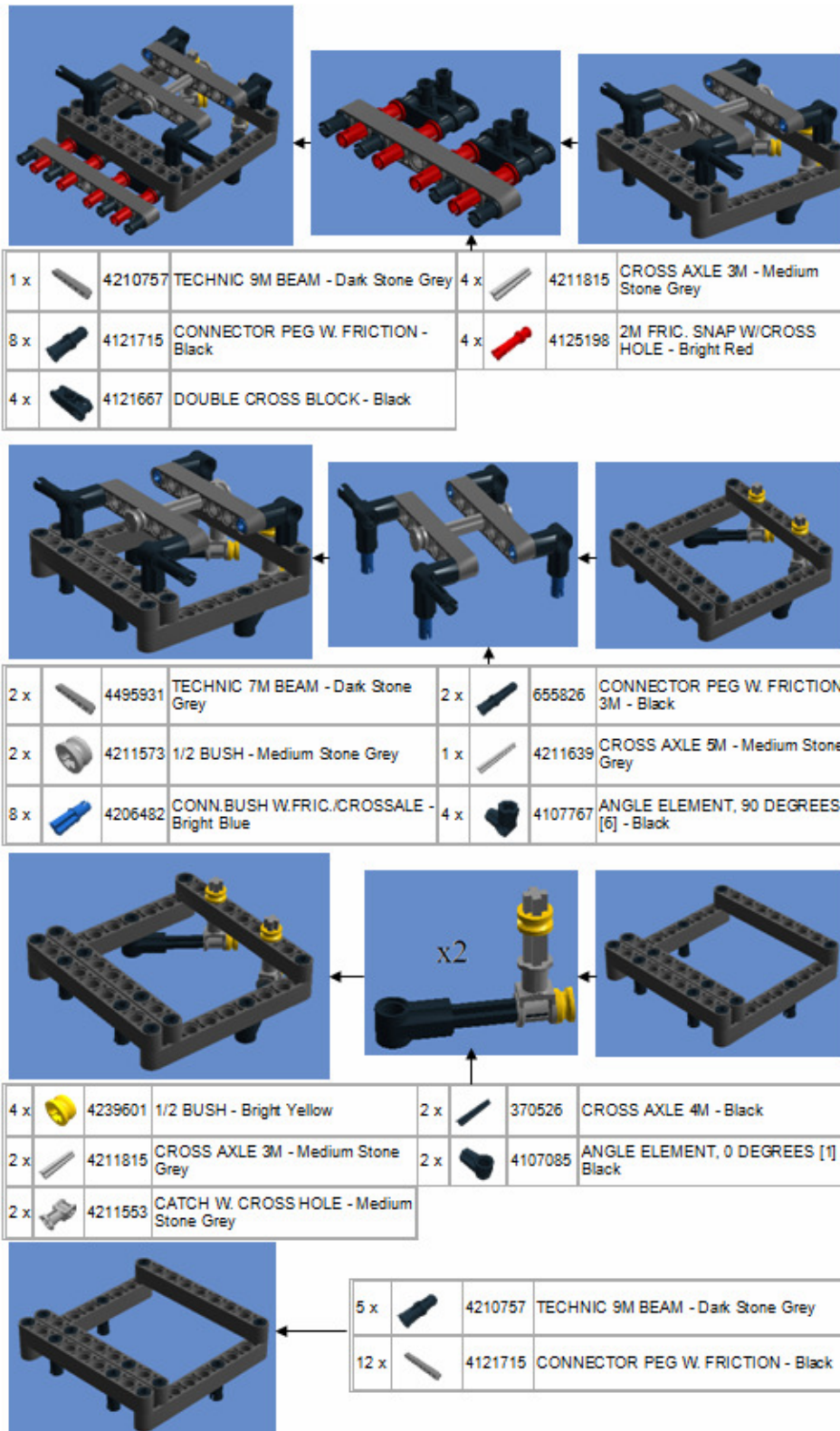
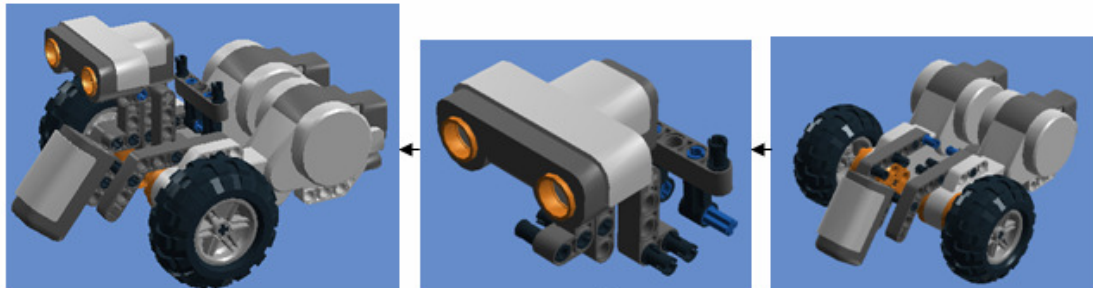
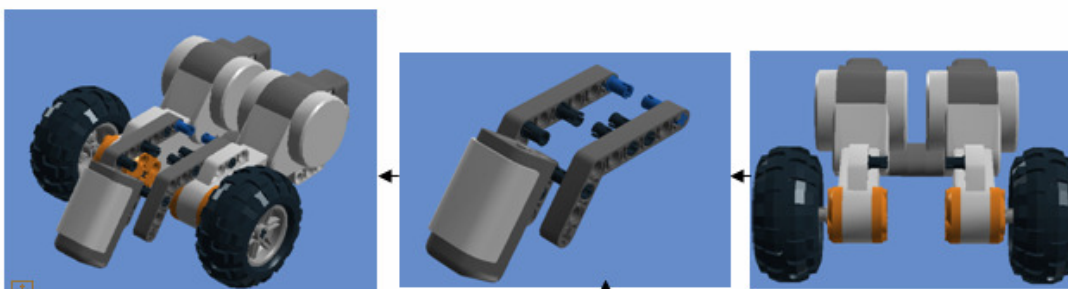


Fig.( 5.3.2.B.B2.1): Montaje de la primera parte, apoyo trasero..

Ensamblaje de elementos, Segunda parte:



1 x		4297174	Ultrasound sensor - Bright Orange, Medium Stone Grey, Dark Stone Grey, Light Stone Grey	1 x		4211815	CROSS AXLE 3M - Medium Stone Grey
2 x		4210686	TECHNIC 5M BEAM - Dark Stone Grey	5 x		4206482	CONN.BUSH W.FRIC./CROSSALE - Bright Blue
2 x		4210667	TECHNIC ANG. BEAM 4X2 90 DEG - Dark Stone Grey	2 x		4107085	ANGLE ELEMENT, 0 DEGREES [1] - Black
7 x		4121715	CONNECTOR PEG W. FRICTION - Black				



1 x		4296917	Lightsensor - White, Bright Orange, Medium Stone Grey, Dark Stone Grey, Light Stone Grey	2 x		4206482	CONN.BUSH W.FRIC./CROSSALE - Bright Blue
2 x		4210638	TECHNIC ANGULAR BEAM 4X6 - Dark Stone Grey	2 x		655826	CONNECTOR PEG W. FRICTION 3M - Black
4 x		4121715	CONNECTOR PEG W. FRICTION - Black				

2 x		4297210	RIM WIDE W.CROSS 30x20 - Medium Stone Grey	6 x		4121715	CONNECTOR PEG W. FRICTION - Black
2 x		4297209	TYRE BALOON WIDE Ø56 X 26 - Black	4 x		4211622	BUSH FOR CROSS AXLE - Medium Stone Grey
2 x		4297008	Tacho Motor - Bright Orange, Dark Stone Grey, Light Stone Grey	1 x		655826	CONNECTOR PEG W. FRICTION 3M - Black
3 x		4210751	TECHNIC 3M BEAM - Dark Stone Grey	2 x		370626	CROSS AXLE 6M - Black

Fig.( 5.3.2.B.B2.2): Montaje de la segunda parte, apoyo delantero.



Ensamblaje de elementos, Tercera parte y final:

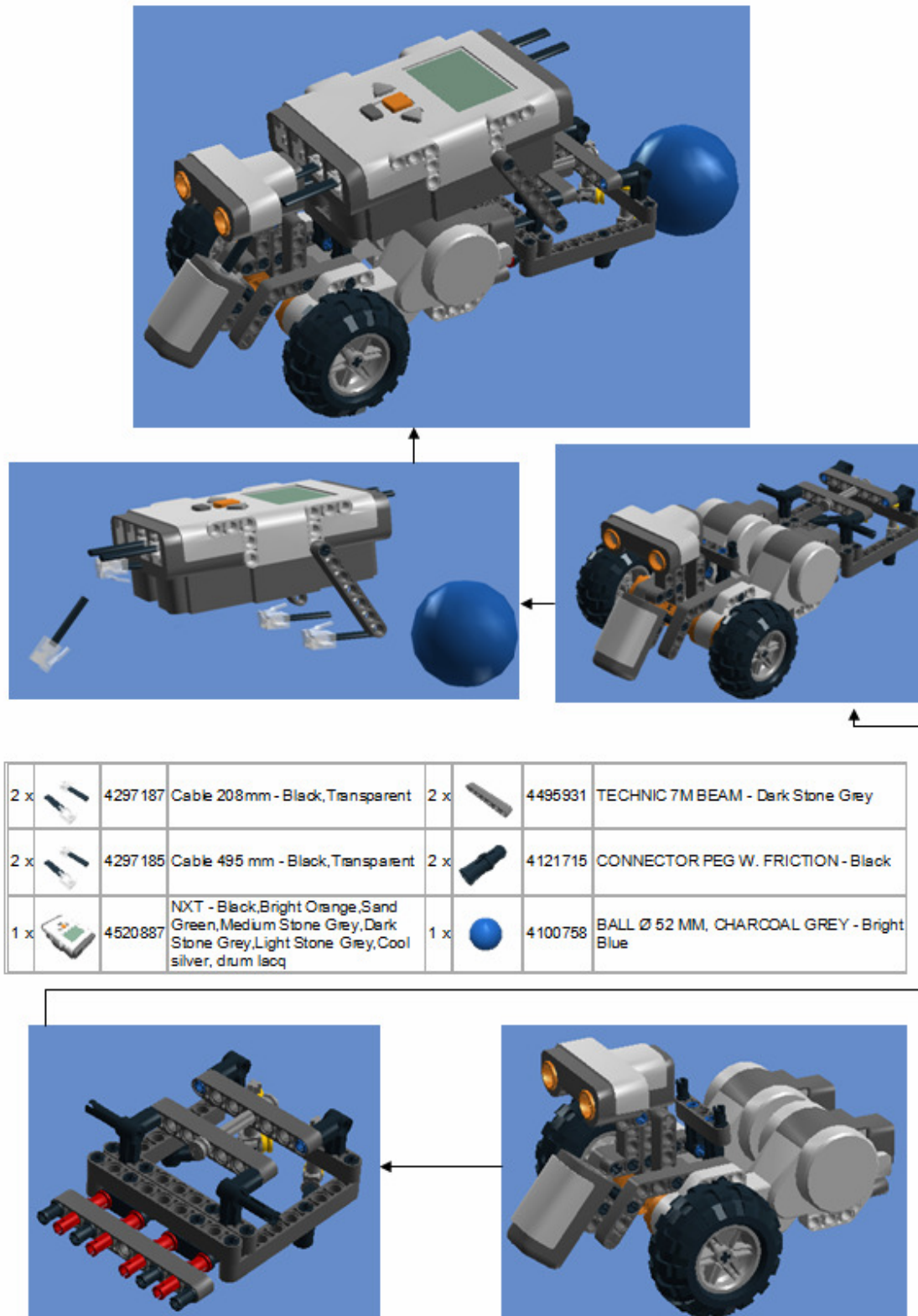


Fig.( 5.3.2.B.B2.3): Montaje de la estructura completa.

### B3. Dimensiones

Cotas expresadas en milímetros.

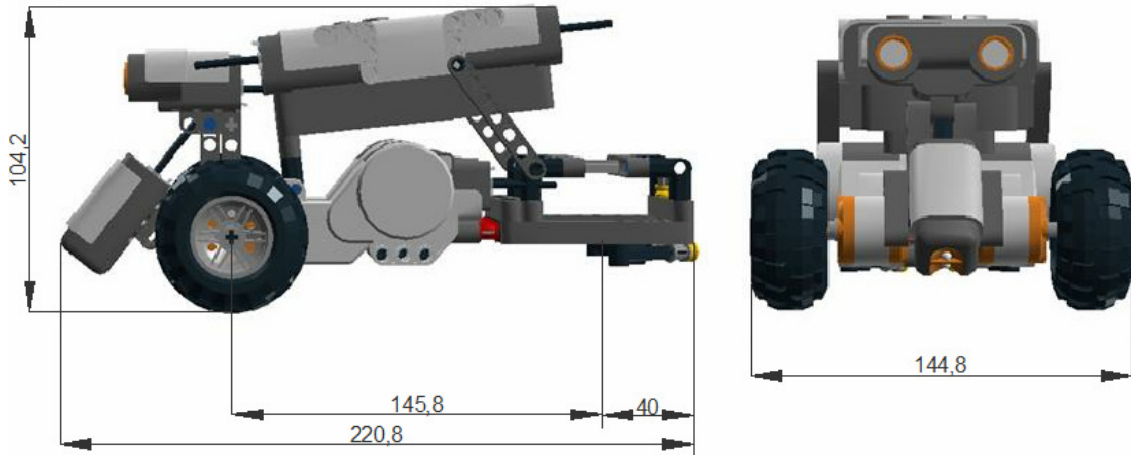


Fig.( 5.3.2.B3.): Dimensiones del tercer montaje.

Largo (220,8 mm.) x Ancho (144,8 mm.) x Alto ( 104,2 mm.)

### C) Programación

Tras completar el montaje del Ingenio Mecánico, damos paso a Mostrar y explicar, paso a paso, con que funciones ha interactuado el Robot con el entorno con objeto de lograr los objetivos.

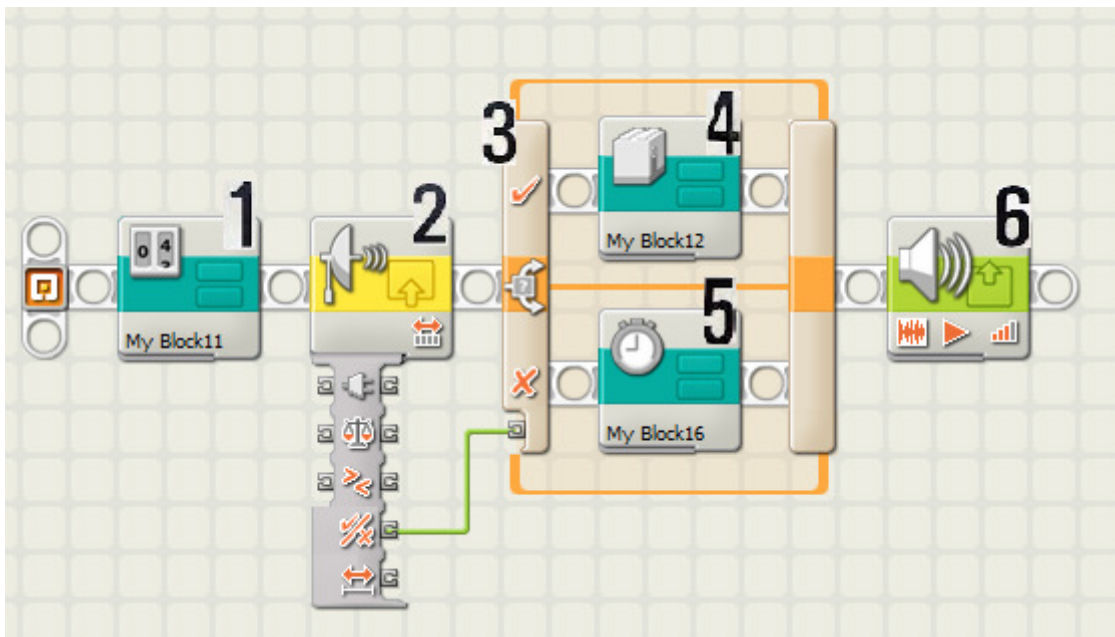


Fig.( 5.3.2.C): Programa del tercer montaje.

1. En el presente Bloque, esta contenido por el programa del Primer montaje, el cual nos indica que avanza sobre una línea negra hasta que detecta una zona blanca y se detiene para dar paso a la siguiente rutina.
2. En el siguiente bloque, indicamos que si en este punto detecta un muro u objeto a 17 centímetros de distancia, mande una señal de tipo lógico (verdadero) al Bloque número 3 y si no detecta un muro u objeto mande una señal de tipo lógico (Falso). La señal enviada dará lugar a la activación de una u otra rutina.
3. El Bloque Switch lo definimos de tipo lógico, con el objeto de recibir una señal de tipo lógico que será verdadero o Falso, y con ello activar una rutina u otra.
4. Si el valor lógico enviado es verdadero (debido a que se ha detectado un objeto a 17 cm del Robot) se activara este Bloque que esta contenido por:

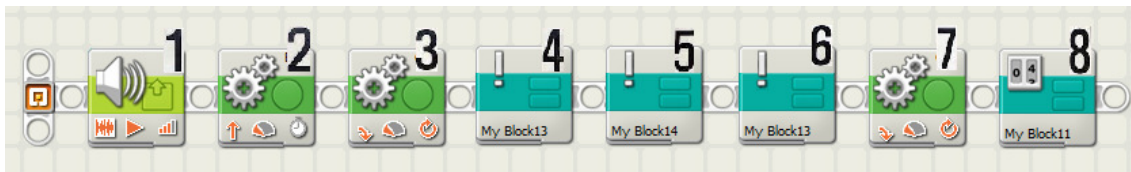


Fig.( 5.3.2.C.4): Programa de la función MyBlock12..

4.1 Al activarse la rutina empezamos con un Bloque de Sonido, que nos devuelve una señal de Audio en la que se escuchara "Object Detected".

4.2 En este Bloque motor indicamos que avance una distancia mínima, con objeto de posicionarse en el centro de la base.

4.3 Programamos un Giro de 90º del Robot con objeto de seguir la ruta determinada.

4.4 En el siguiente bloque se ordena al Robot que avance hasta que encuentre un objeto a 17 centímetros.

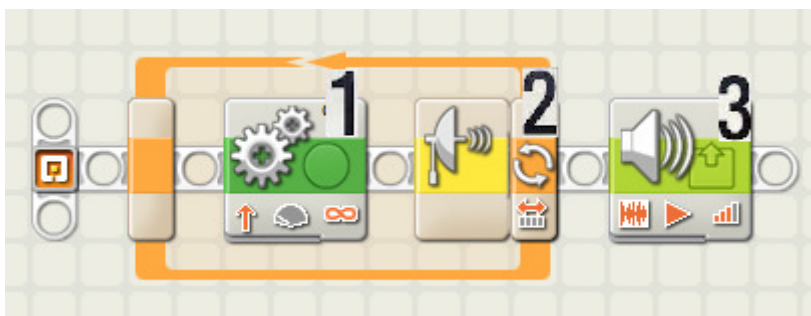


Fig.( 5.3.2.C.4.4): Programa de la función MyBlock13.

4.4.1 En este Bloque se ordena al Robot que avance una distancia ilimitada con un velocidad equivalente al 20% de la potencia transmitida por el motor.



4.4.2 Con este Bloque Loop(Bucle) se ordena al Robot que repita el anterior bloque ilimitadamente hasta que detecte un Objeto a 17 centímetros.

4.4.3 Una vez detectado el Objeto, el Robot lo indicara mediante una señal de Audio en la que se escuchara "Object Detected"

4.5 Este Bloque se activa cuando el Robot ha detectado una persona(Ejemplo en el que se indica como el Robot se detiene ante un elemento en medio de su ruta que podrían ser objetos que puedan ocasionar problemas o personas en este caso y así evitar lesiones)



Fig.( 5.3.2.C.4.5):Programa de la función MyBlock14.

4.5.1 En este Bloque se ordena al Robot que este detenido

4.5.2 En este Bloque Loop(Bucle) se ordena al Robot que este detenido hasta que el Objeto que le esta impidiendo su paso delante de él se retire para poder seguir su trayecto.

4.5.3 Una vez que no se detecta ningún objeto o persona en el trayecto se detendrá el Loop y con ello indicara con una señal de Audio "OK" , programada a través del Bloque Sonido.

4.6 Hasta que la persona u objeto no haya sido retirado del camino del Robot, este no se volverá a poner en marcha. Llegado dicho momento el Robot se volverá a poner en marcha con este bloque, en que se ordena al Robot que avance hasta que encuentre un muro a 17 centímetros.(MyBlock13).

4.7 Tras haber detectado un muro, se activara este bloque Motor indicando un Giro de 90º al Robot.

4.8 Se volverá a activar la Rutina del 1º Montaje y se detendrá al llegar a la ultima base(la meta de color blanco).

5. Si el valor lógico enviado es Falso (debido a que NO se ha detectado un objeto a 17 cm. del Robot) se activara este Bloque que esta contenido por:

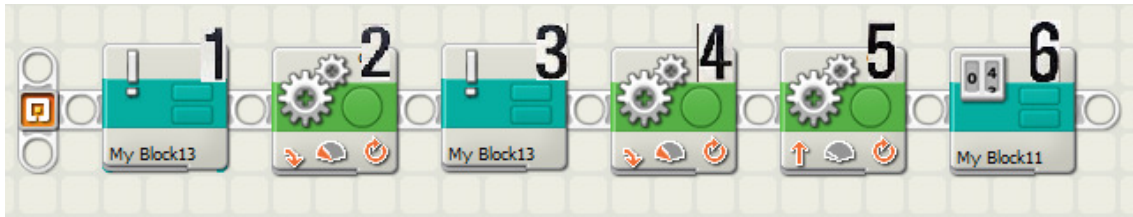


Fig.( 5.3.2.C.5): Programa de la función MyBlock16.

- 5.1 En este Bloque (Descrito en el Punto 4.4), ordenaremos al Robot que siga avanzando hasta encontrar un Objeto a 17 centímetros.
  - 5.2 Una vez detectado el Muro, se programa un Giro de 90º con objeto de seguir el trayecto.
  - 5.3 De nuevo se activara el Bloque descrito en el punto 4.4.
  - 5.4 Tras detectar un muro, se programara al Robot un giro de 90º.
  - 5.5 Tras el Giro se programara un avance mínimo con objeto de posicionarse en la Base.
  - 5.6 Por ultimo, se llamara al programa utilizado en el 1º Montaje, que finalizara detectando la última base blanca en el trayecto.
6. Tras escoger un camino u otro, se indica la finalización del experimento con una señal de Audio “try again”.

#### D) Funcionamiento

A continuación se va a dar paso a explicar de forma grafica junto con una breve explicación de cada acción, la interacción del Ingenio mecánico con la trayectoria predefinida con objeto de lograr los objetivos marcados.

Corresponde a la explicación del Punto Numero 4 de la Programación (Primer Camino).

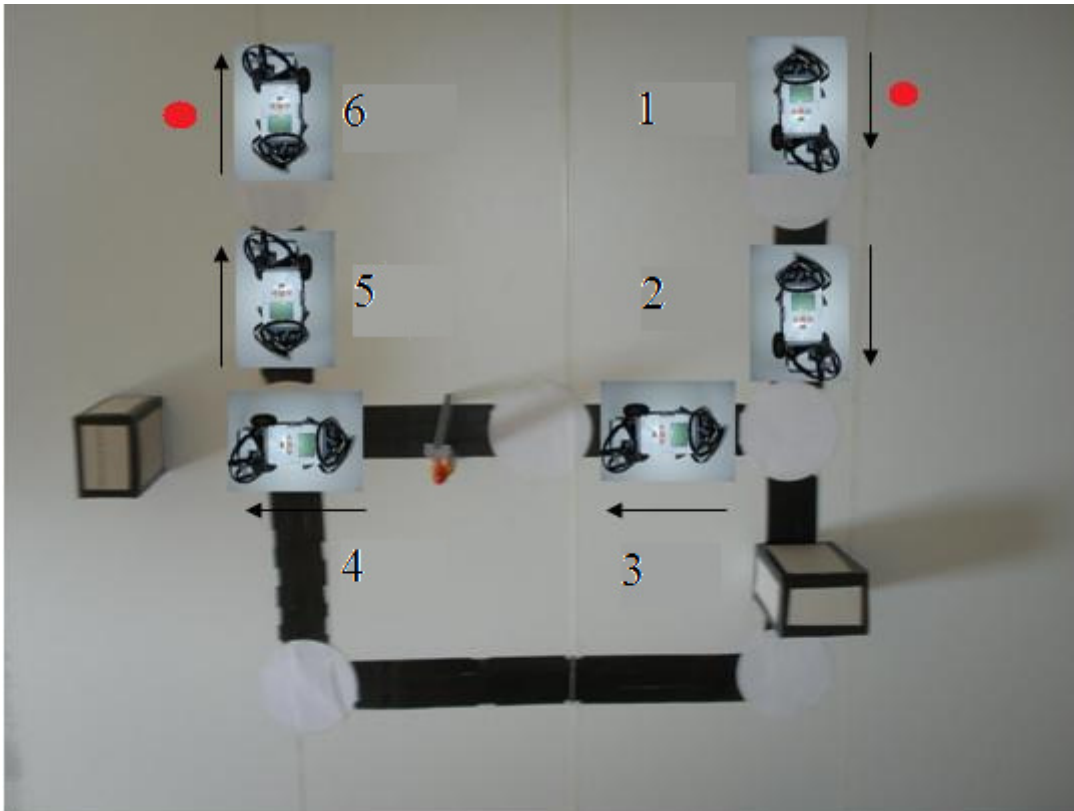


Fig.( 5.3.2.D.1): Funcionamiento si encuentra un obstáculo tras la primera base.

1. Punto inicial, estado del Robot Parado, a punto de iniciar el avance.
2. Tras iniciar el movimiento, avanza hasta la base blanca(sensor de luz), activa el Sensor de ultrasonidos realizando una lectura para escoger un camino u otro, indicando con una señal de audio si ha detectado un Obstáculo en el Trayecto.
3. Tras escoger un camino, gira 90º y avanza hasta que detecta un obstáculo (Sensor de Ultrasonidos) en su trayecto (Por ejemplo: Peón realizando labores de mantenimiento), indicándolo con una señal de Audio. En este punto detiene los servomotores.
4. Cuando retiramos el Obstáculo del trayecto, se indica con una señal de Audio que el Robot ya no detecta un obstáculo en el Trayecto). Se activan los Servomotores provocando el avance del Robot hasta que detecte un muro.
5. El robot detecta un muro(Sensor Ultrasonidos), lo indica con una señal de Audio y gira 90º.
6. Finalmente el Robot avanzara hasta que detecte una base blanca(Sensor de Luz) y lo indica con una señal de Audio.

Corresponde a la explicación del Punto Numero 5 de la Programación (Segundo Camino).

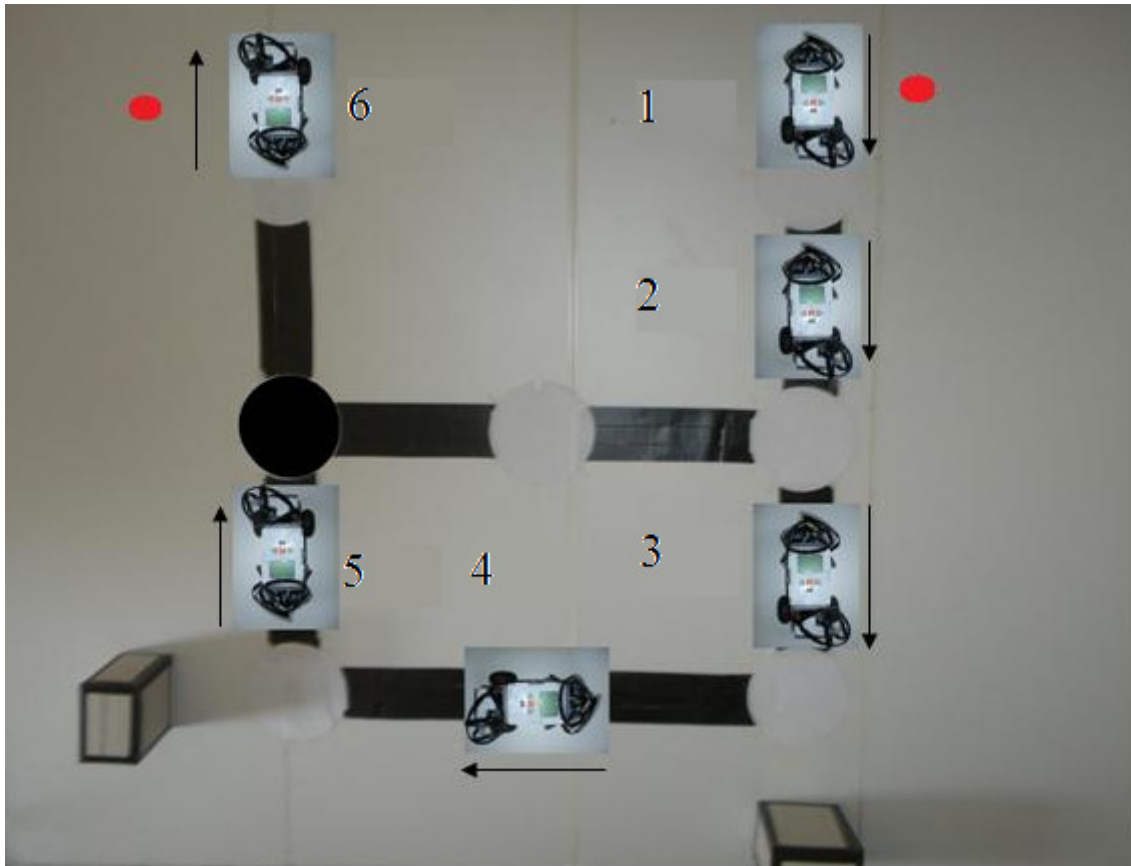


Fig.( 5.3.2.D.2):Funcionamiento si encuentra un obstáculo tras la segunda base.

1. Punto inicial, estado del Robot Parado, a punto de iniciar el avance.
2. Tras iniciar el movimiento, avanza hasta la base blanca(sensor de luz), activa el Sensor de ultrasonidos realizando una lectura para escoger un camino u otro, indicando con una señal de audio si ha detectado un Obstáculo en el Trayecto.
3. Al no detectar un obstáculo en el trayecto sigue avanzando hasta llegar a un muro.
4. Al detectar un muro (Sensor de Ultrasonidos) lo indica a través de una señal de Audio, realiza el giro de 90º y seguirá avanzando hasta detectar un muro.
5. Al detectar un muro (Sensor de Ultrasonidos) lo indica a través de una señal de Audio, realiza el giro de 90º y seguirá avanzando hasta detectar una base blanca.
6. Finalmente el Robot se detendrá al detectar una base blanca(Sensor de Luz) y lo indicara a través de una señal de Audio.

#### 5.4 CUARTO MONTAJE: CARRETILLA GUIADA A TRAVÉS DE UNA TRAYECTORIA CON/SIN CARGA (AGV).

En el presente montaje se muestra un Vehículo de Guiado Automático con sensores de Ultrasonidos y de Luz. Con la combinación de estos se guiara al Robot a través de una trayectoria con objeto de recoger un Palet y depositarlo en una estantería que deberá estar vacía.

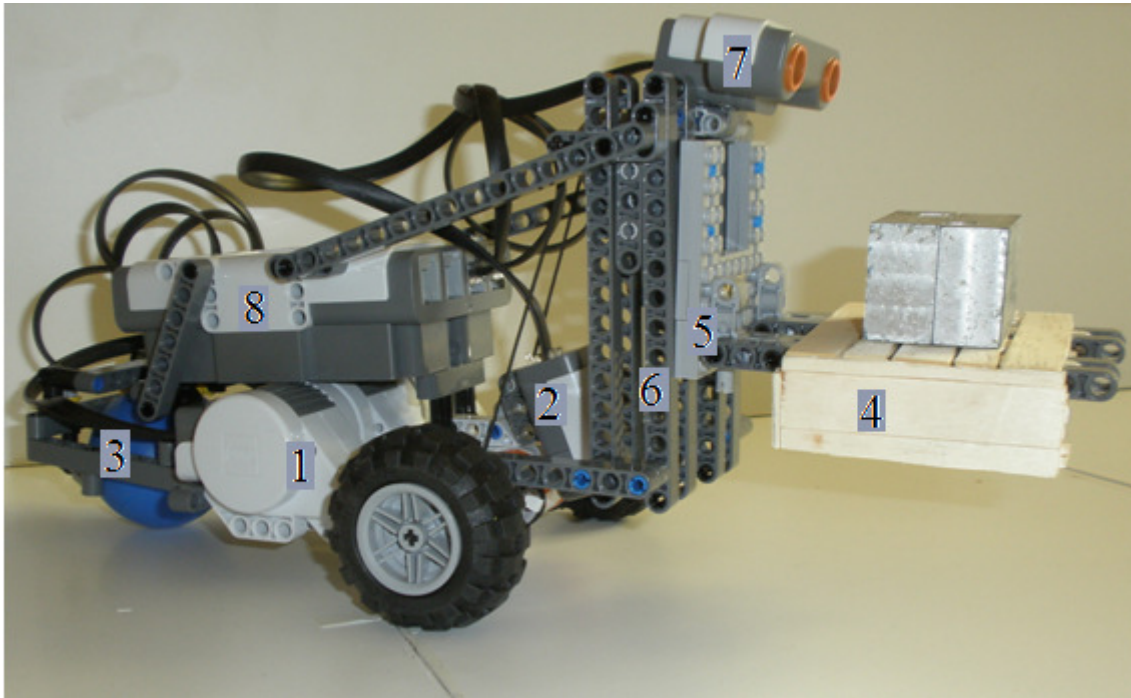


Fig.(5.4):Cuarto Montaje.

En la Fig. 5.4 se muestra el montaje final, a continuación, se van a detallar los puntos que definen este montaje, marcados en la figura.

1. Servomotores encargados de comunicar el movimiento.
2. Sensor de Luz, determinara en que posición se depositara el Palet.
3. Apoyo trasero(esfera).
4. Item.
5. Horquillas y Portahorquillas.
6. Elevador y Mástil.
7. Sensor de Ultrasonidos, confirmara la llegada del Item.
8. Bloque NXT.

## **5.4.1 OBJETIVOS DEL MONTAJE**

### **A) Objetivos específicos del montaje**

- Mostrar el funcionamiento de una carretilla filoguiada al dar la orden de llegada de un palet para almacenar.
- Diseñar con la referencia real de una carretilla elevadora.
- Demostrar la utilidad de los sensores de Ultrasonidos y de Luz en la tarea de almacenaje.
- Adaptar todo lo aprendido hasta el momento a un modelo real y con ello mostrar el funcionamiento básico del almacenaje a través de AGVs.

### **B) Aplicaciones en el ámbito docente**

- Aplicar todos los conocimientos aprendidos a través de la practica con el objeto de trasladarlo a un modelo real, en este caso el almacenamiento de Ítems con la ayuda de un Robot, el cual llevara la tarea únicamente ordenando la llegada de un Ítem al punto de Entrada.
- A partir de un modelo real, realizar el montaje y con ello lograr los objetivos.
- Proponer nuevas mejoras y llevar a cabo su implantación.
- Realización de cálculos básicos para recorrer las distancias deseadas.

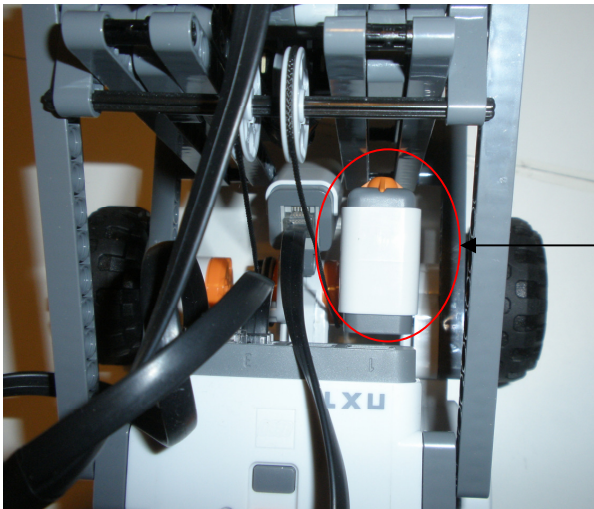
## **5.4.2 CONSTRUCCIÓN DEL EXPERIMENTO**

### **A) Diseño del montaje**

#### **A.1 Problemas encontrados. Soluciones implementadas.**

Tras realizar el diseño y las primeras pruebas del programa, se determino el posible uso de un sensor de tacto, como un final de carrera.





Final de carrera

Fig.(5.4.2.A.A1):Posición del final de carrera.

El objeto de dicho cambio era iniciar el Robot siempre en la misma posición, es decir, tener un punto de referencia para la posición de las uñas.

El problema surgió en las pruebas, al ejecutar la posición cero del Robot la parte que accionaba el Sensor de tacto no poseía el suficiente peso como para superar el Sensor de tacto y ejecutar el Bloque de posición cero lo que resultaba en que se clavaba en dicho punto y el motor que acciona el movimiento de las horquillas palas seguía girando y la cuerda que unía las poleas se salía de su posición.

**Como Solución**, otra opción era poner mas peso, opción desechada rápidamente puesto que aumentaría el peso en un punto y el Robot perdería totalmente su simetría y con ello el cdg(centro de gravedad) se desplazaría dando problemas en el funcionamiento. Finalmente se optó por eliminar el final de carrera del montaje y evaluar esta función en el siguiente montaje con el Objeto de mostrar su utilidad.

## B) Montaje

### B.1 Piezas utilizadas.

Para la Primera parte del montaje parte trasera de la estructura se han utilizado las siguientes piezas (listado obtenido con el Software LDD):



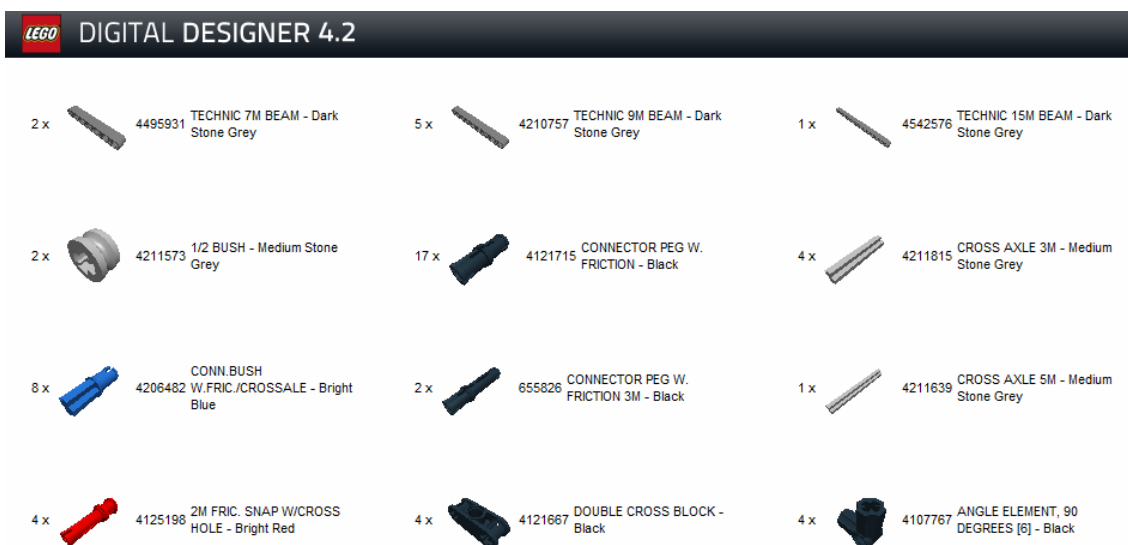


Fig.(5.4.2.B.B1.1.): Piezas para la estructura de la parte trasera.

Para la Segunda parte del montaje, parte delantera de la estructura(Servomotores y Sensor de Luz) se han utilizado las siguientes piezas ( listado obtenido con el Software LDD):



Fig.( 5.4.2.B.B1.2): Piezas para la estructura de la parte delantera.

Para la Tercera parte del Montaje, estructura que contendrá el Mástil, Horquillas, Porta-horquillas y las poleas que junto a la cuerda harán el trabajo del elevador).

Para ello se han utilizado las siguientes piezas:

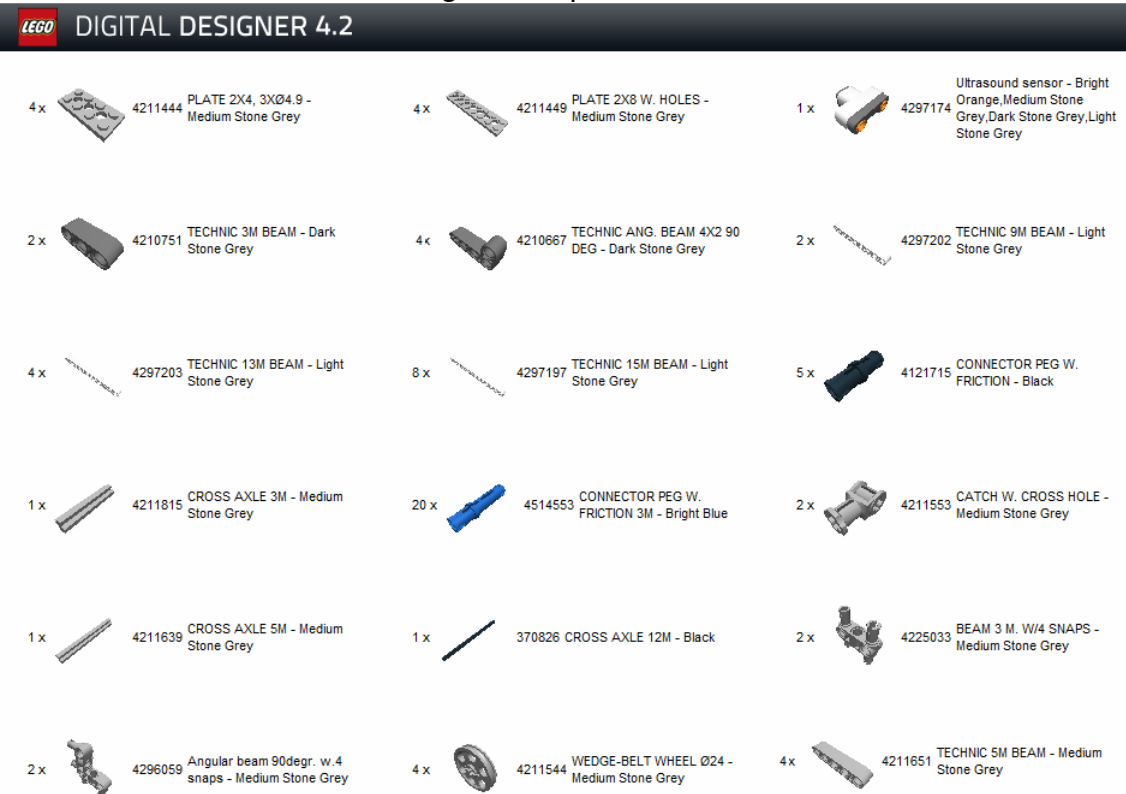


Fig.( 5.4.2.B.B1.3):Piezas para la construcción de las Horquillas.

Para la cuarta parte del Montaje, parte superior de la estructura, se han utilizado las siguientes piezas:



Fig.( 5.4.2.B.B1.4): Piezas para la estructura de la parte superior.

## B.2. Ensamblaje.

Tras conseguir las piezas utilizadas en las 3 partes que se compone nuestro Ingenio damos paso a su montaje y posterior unión.

Ensamblaje Primera Parte.

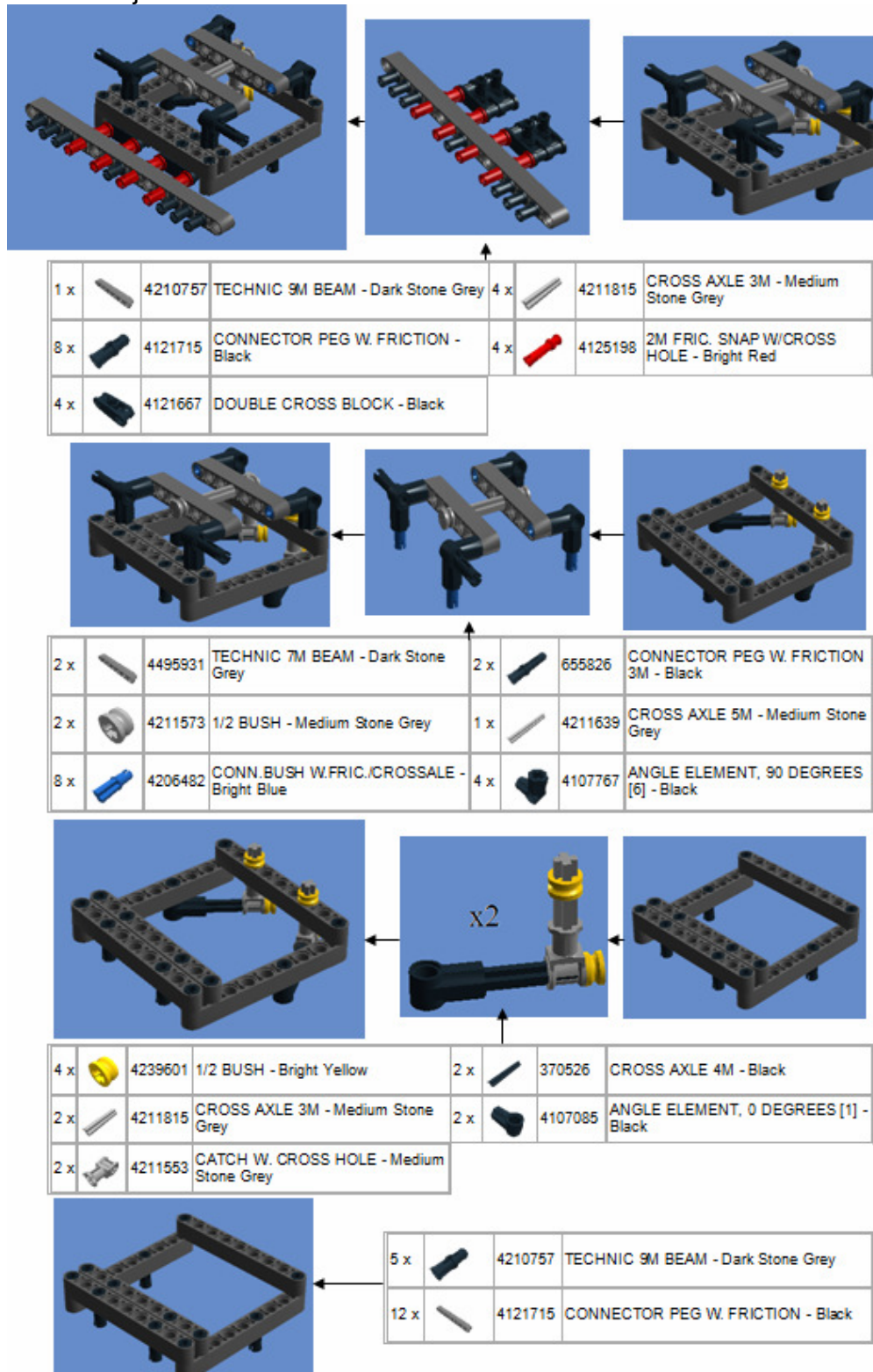


Fig.( 5.4.2.B.B2.3): Montaje de la estructura de la parte trasera.

Ensamblaje Segunda Parte. En este Montaje dispondremos de 3 Servomotores, 2 de ellos para el Movimiento del Robot sobre la Superficie de Trabajo y el 3º para subir y bajar las Horquillas con ayuda de unas poleas que comunicaran el movimiento.

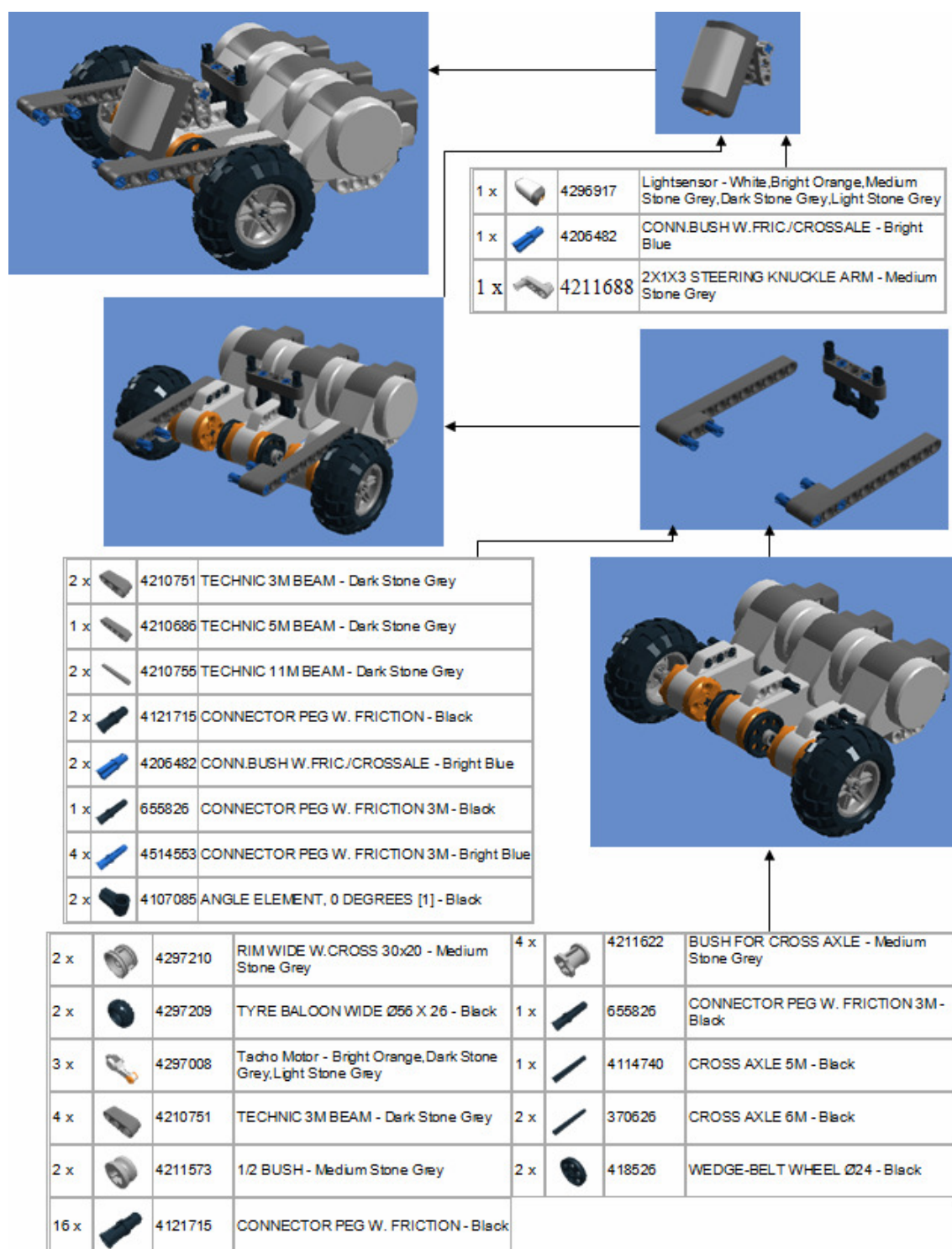
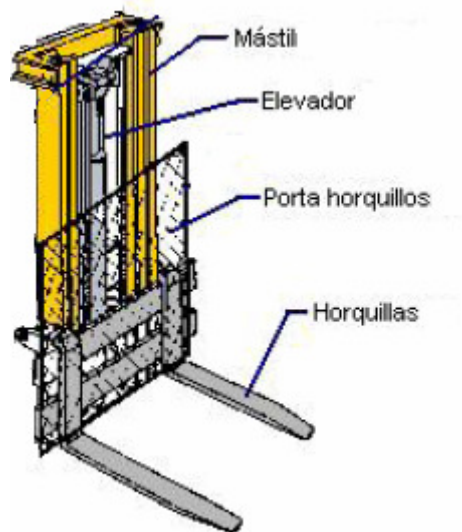


Fig.( 5.4.2.B.B2.2): Montaje de la estructura de la parte delantera.

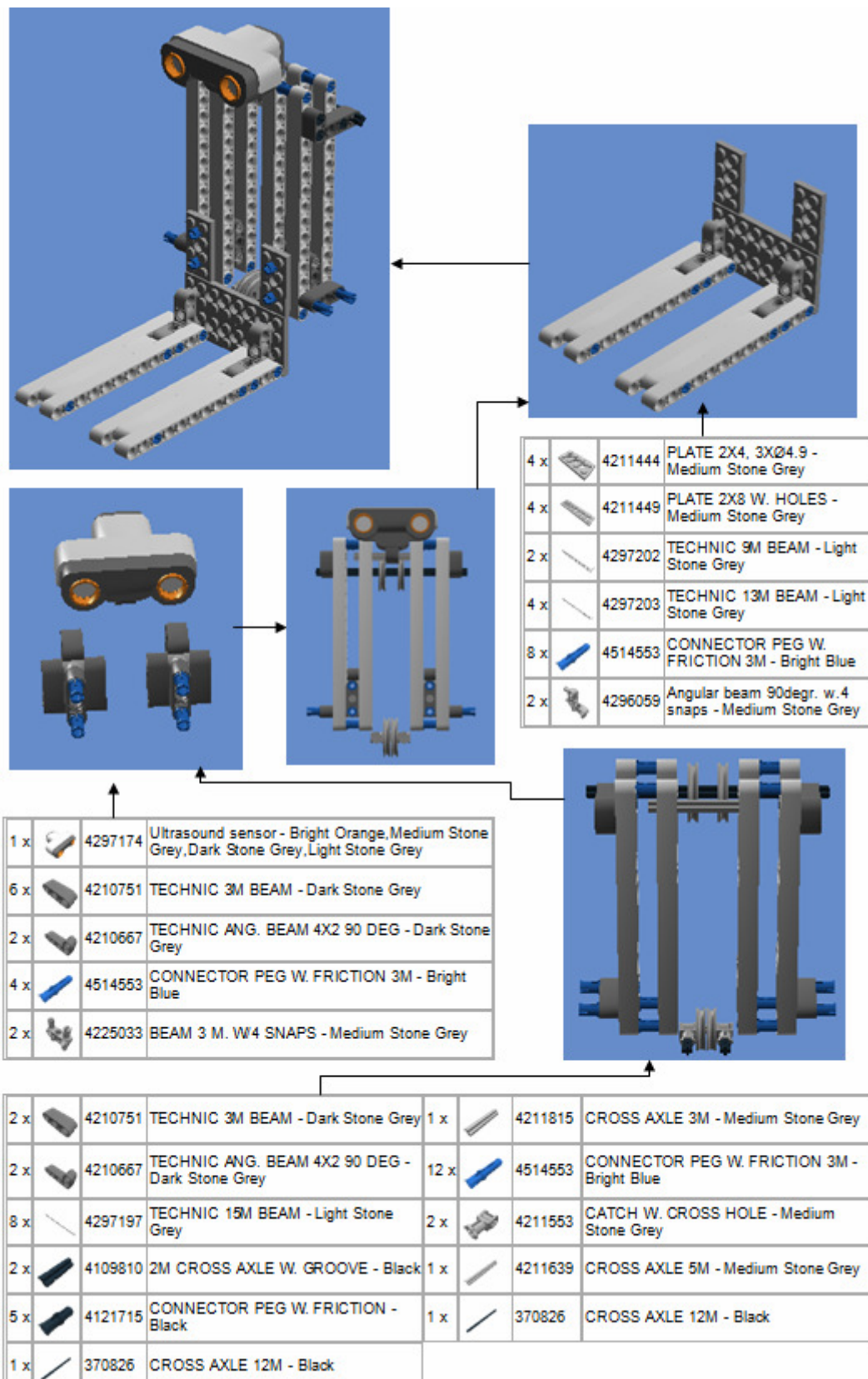
Ensamblaje tercera Parte.

Para llevar a cabo esta parte del montaje se ha tomado como referencia la siguiente imagen:



*Fig.(5.4.2.B.B2.3): Guía para diseñar y montar, los componentes indicados..*





*Fig.( 5.4.2.B.B2.4): Montaje de las horquillas.*



Ensamblaje cuarta Parte y final.

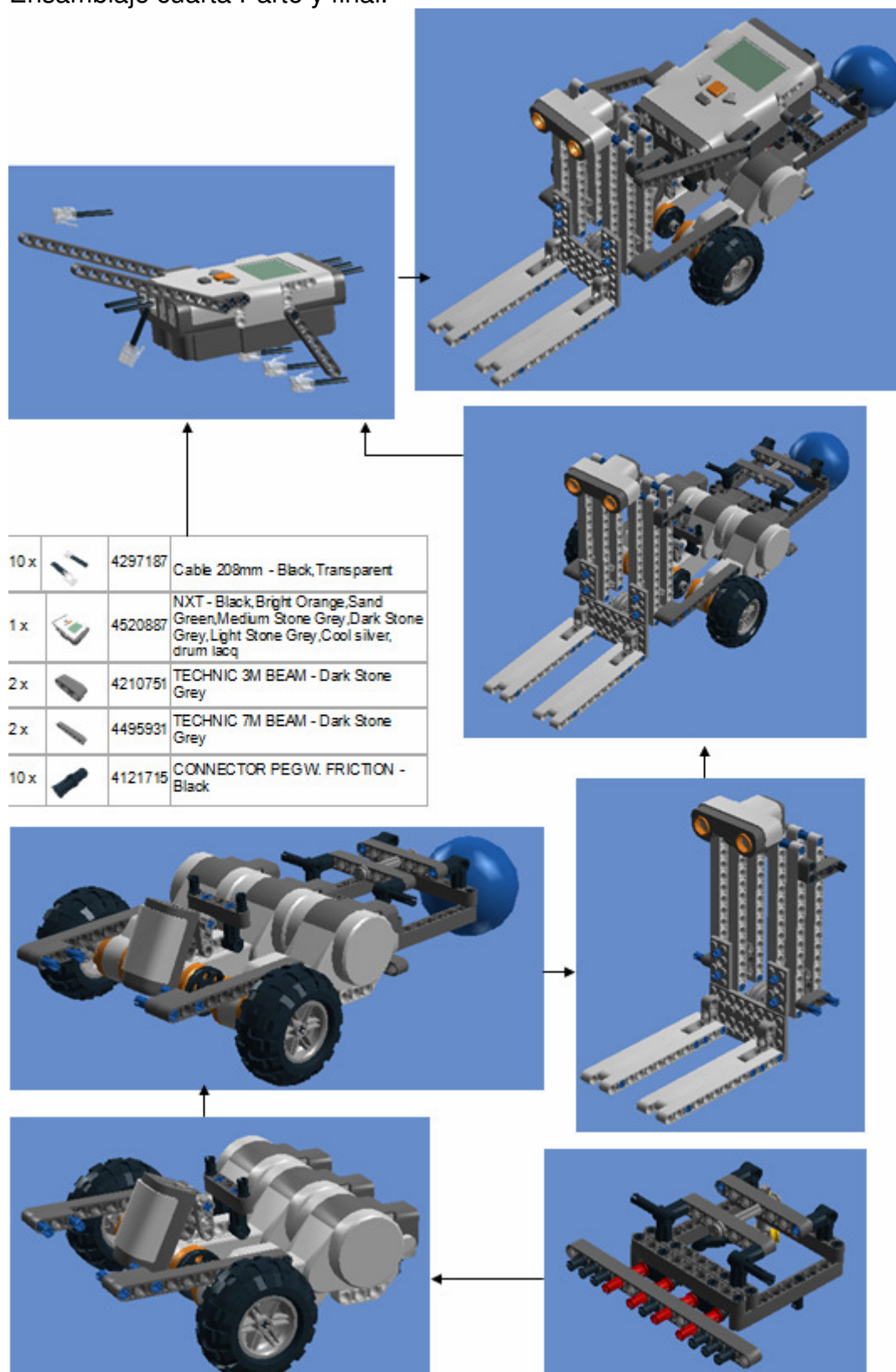


Fig.( 5.4.2.B.B2.5): Montaje final.

### B3. Dimensiones

Cotas expresadas en milímetros.

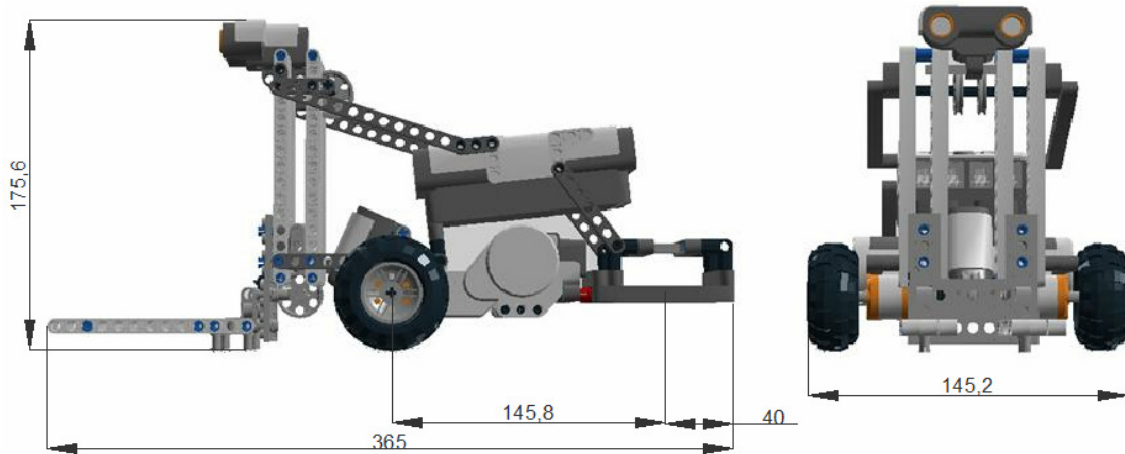


Fig.( 5.4.2.B3): Programa cuarto montaje.

Largo ( 365 mm.) x Ancho ( 145,2 mm.) x Alto ( 175,6 mm.)

### C) Programación

Tras completar el montaje del Ingenio Mecánico, damos paso a mostrar la programación, diseñada con objeto de cumplir con los Objetivos inicialmente señalados.

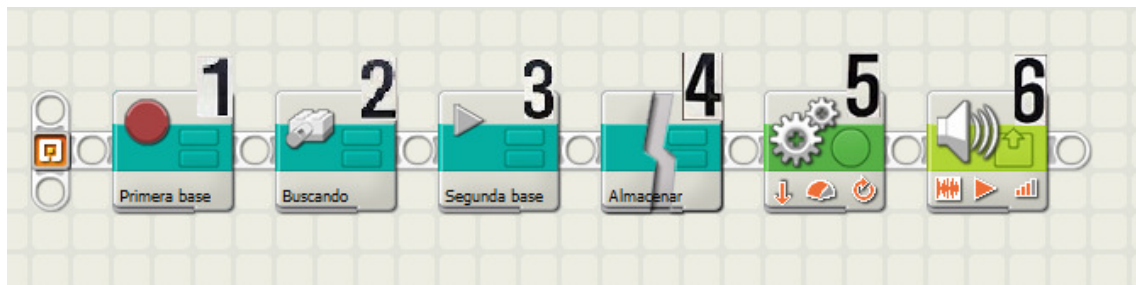


Fig.( 5.4.2.C): Programa cuarto montaje.

1. Con este bloque empezamos la fase inicial que ira desde esta hasta el giro hacia la base del Palet.

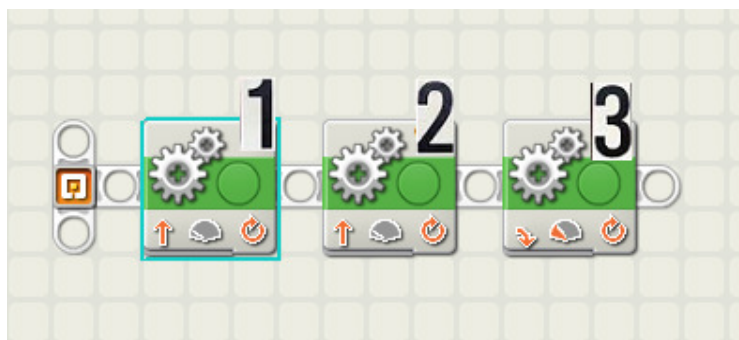


Fig.( 5.4.2.C.1): Función " Primera base"..

1.1 En este bloque, las horquillas bajarán 0,6 rotaciones (punto en el que las horquillas pueden recoger el Palet).

1.2 Ordenamos al Robot que se dirija hacia delante 2,103 rotaciones. Se ha obtenido este calculo de la siguiente manera:

Siendo el Radio de la rueda 23 mm., sabiendo que una circunferencia mide  $2\pi R$ . Con ello la distancia que avanza la rueda en una vuelta es  $2 \times 3,14 \times 23$  (mm.). Con el dato obtenido medimos la distancia que deseamos recorrer y volcamos esos datos en la formula para obtener las vueltas necesarias para conseguir el objetivo.

1.3 El robot girará  $90^\circ$ .

2. En este Bloque función, definimos la búsqueda de Bloque, con el objetivo de asegurar la entrada de material.

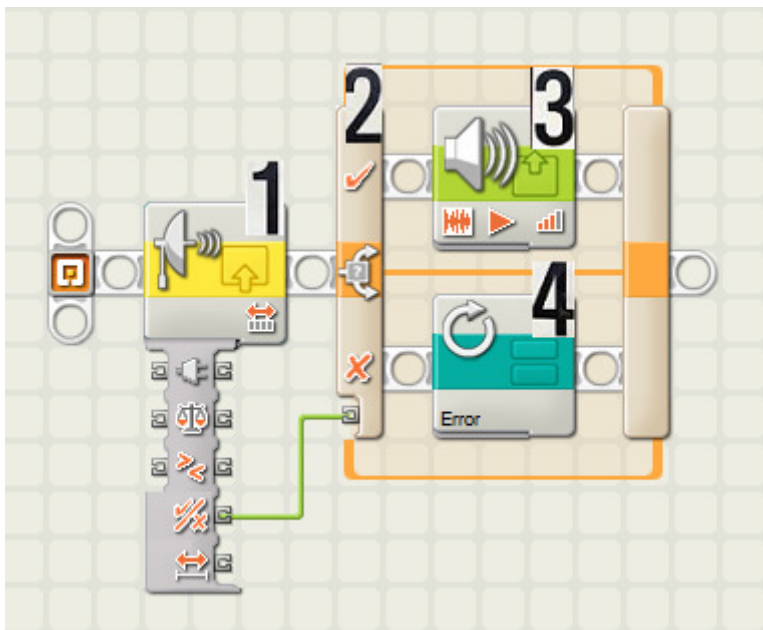


Fig.( 5.4.2.C.2): Función "Buscando".

2.1 En este Bloque se trabaja con el Sensor de Ultrasonidos. Si detecta un objeto, si hay Palet estará a 30 cm. de distancia y si no detecta objeto, no detecta nada a 30 cm. de distancia. Tras esto enviara un valor lógico al siguiente Bloque.

2.2 Si el valor en entrada es True, escogerá el camino numero "3" y si devuelve un valor False, escogerá el camino numero "4".

2.3 Al detectar un Palet, con una señal de Audio lo confirmamos y daremos paso a seguir el programa.

2.4 Al no detectar un palet, se da paso a ejecutar el siguiente Bloque función cuyo objetivo es volver al punto de partida.

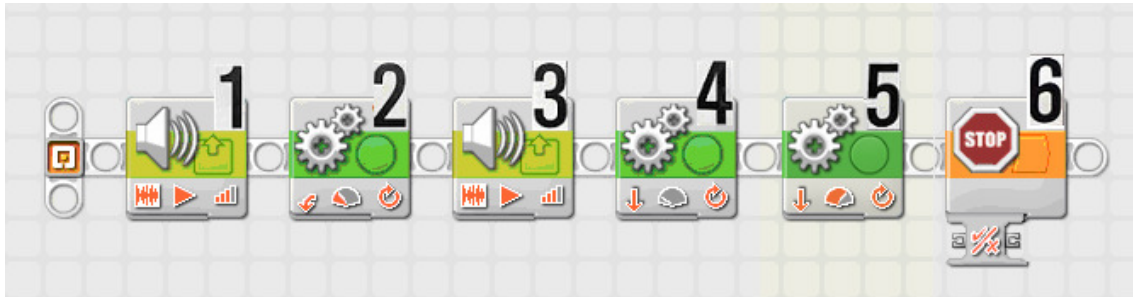


Fig.( 5.4.2.C.2.4): Función "Error".

2.4.1 A través de una señal de Audio indicamos que el Robot va a moverse hacia atrás ( al igual que un AGV en una planta).

2.4.2 En este Bloque el Robot girara 90°.

2.4.3 En este bloque el Robot vuelve a indicar con una señal de Audio que esta yendo hacia atrás.

2.4.4 En este Bloque motor, el Robot se mueve hasta la base inicial

2.4.5 Las Horquillas vuelven a su posición inicial, moviéndose hacia arriba 0,6 rotaciones.

2.4.6 En este Bloque Stop, el Robot finaliza el programa totalmente.

3. Al detectar que hay un Palet en la entrada de material. Se da paso a ejecutar el siguiente Bloque función.

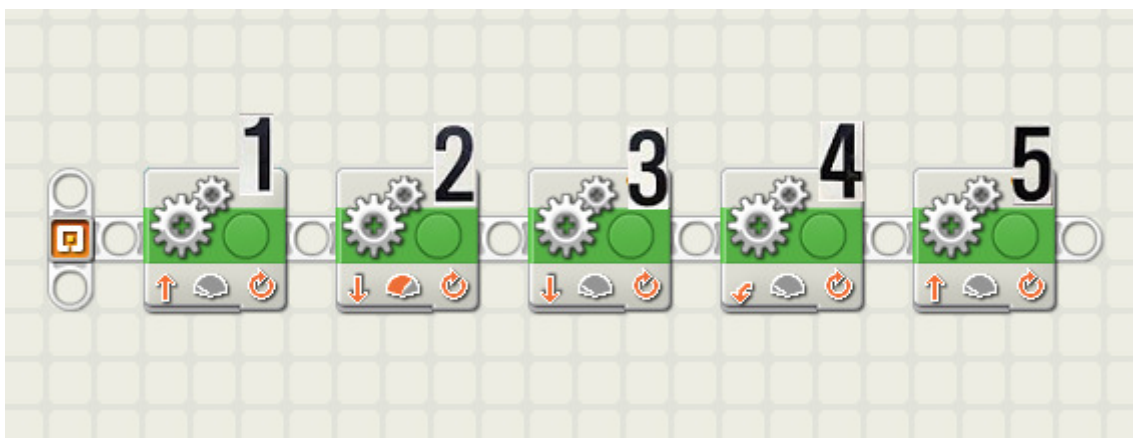


Fig.( 5.4.2.C.3): Función "Segunda base".

3.1 En este Bloque motor el robot avanza 1 rotación e introduce las horquillas bajo el Palet.

3.2 El Robot ya esta en posición de recoger el Palet, por lo que sube las horquillas utilizando el 75% de la potencia que puede comunicar el Servomotor, recogiendo así el Palet.

3.3 El Robot se mueve hacia atrás 1 rotación.

3.4 El Robot gira 90º con objeto de posicionarse en la trayectoria e ir a almacenar.

3.5 Avanza hasta la siguiente base 1 rotación.

4. En este bloque función realizaremos el almacenaje y la vuelta al punto inicial.

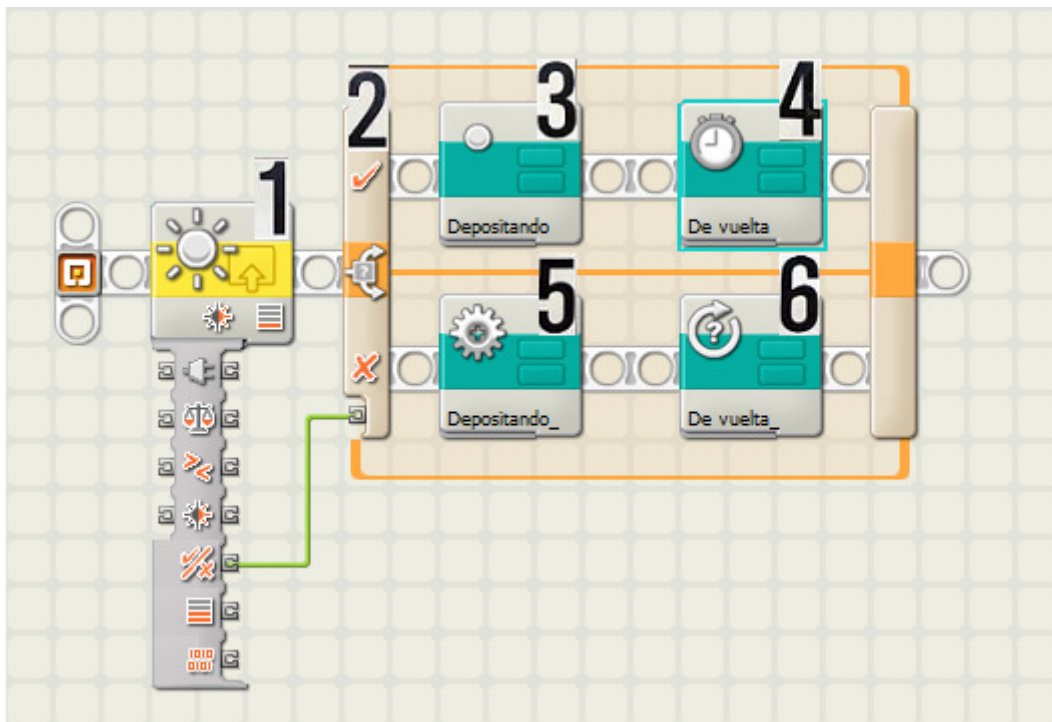


Fig.( 5.4.2.C.4): Función "Almacenar".

4.1 En el Primer bloque función del almacenaje, ejecutamos un Bloque Sensor, ya que en esta base se indicara al Robot en que estantería puede dejar el Palet.

4.2 A este Bloque le va a llegar una orden de tipo lógico enviada por el Bloque Sensor de Luz que indicara lo siguiente:

- Si la señal recibida es True(detectado color Blanco) se escoge el camino con los números "3 y 4".
- Si la señal recibida es False(detectado color Negro) se escoge el camino con los números "5 y 6".

4.3 En este bloque se ejecuta la orden de almacenar en la referencia libre.



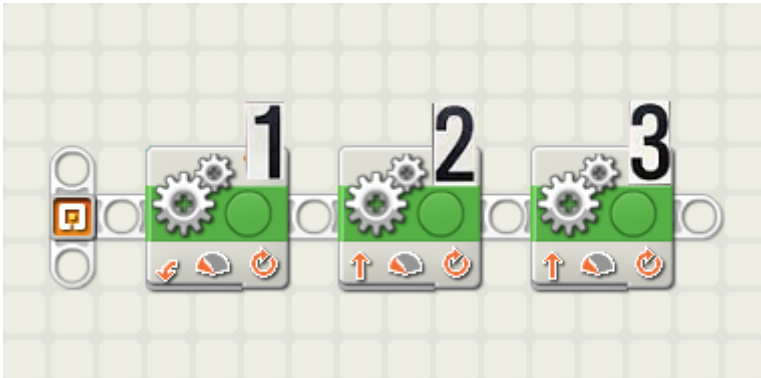


Fig.( 5.4.2.C.4.3): Función "Depositando".

4.3.1 Se va a girar 90°, hacia la izquierda, con objeto de posicionarse en la trayectoria de la estantería.

4.3.2 El Robot va a avanzar 1 rotación con objeto de situarse encima del Palet.

4.3.3 Este Bloque activara el Servomotor encargado de subir y bajar las horquillas con objeto de dejar el Palet en la estantería bajando 0,3 rotaciones.

4.4 En el siguiente Bloque función se van a ejecutar los Bloques para llegar al punto de partida.

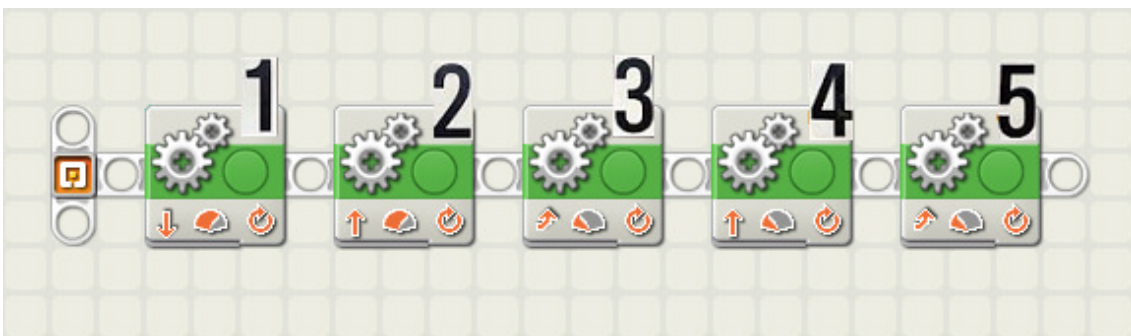


Fig.( 5.4.2.C.4.4): Función "De vuelta".

4.4.1 Tras dejar el Palet, se activara este Bloque Motor. El Robot se desplazará 1 rotación hacia atrás que y se posicionara para el siguiente Bloque.

4.4.2 El Robot bajara 0,3 rotaciones las horquillas con objeto de situarlas en el punto mas bajo.

4.4.3 El Robot girara 90° con objeto de posicionarse en la trayectoria.

4.4.4 El Robot se desplazará 3,6 rotaciones con objeto de posicionarse en el punto de partida.

4.4.5 Se ejecuta un giro de 180° con objeto de finalizar su posicionamiento.



4.5 En este bloque se ejecuta la orden de almacenar en la referencia libre.

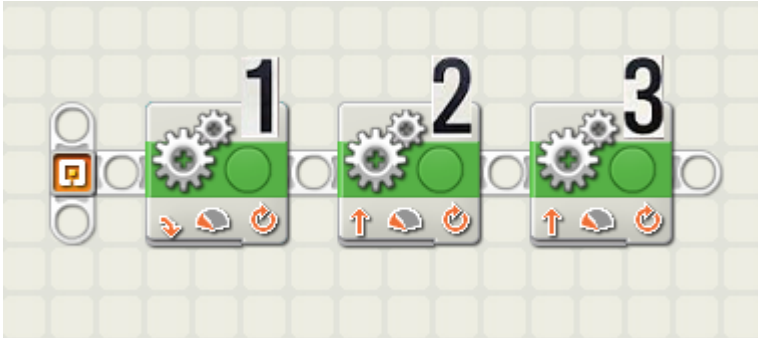


Fig.( 5.4.2.C.4.5): Función “Depositando\_”.

4.5.1 Se va a girar 90º , hacia la derecha, con objeto de posicionarse en la trayectoria de la estantería.

4.5.2 El Robot va a avanzar 1 rotación con objeto de situarse encima del Palet.

4.5.3 Este Bloque activara el Servomotor encargado de subir y bajar las horquillas con objeto de dejar el Palet en la estantería bajando 0,3 rotaciones.

4.6 En el siguiente Bloque función se van a ejecutar los Bloques para llegar al punto de partida.

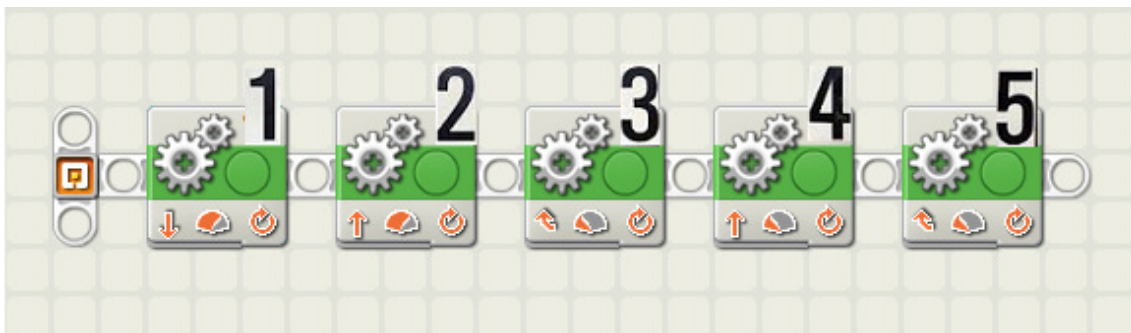


Fig.( 5.4.2.C.4.6): Función “Devuelta\_”.

4.6.1 Tras dejar el Palet, se activara este Bloque Motor. El Robot se desplazará una rotación hacia atrás que y se posicionara para el siguiente Bloque.

4.6.2 El Robot bajara 0,3 rotaciones las horquillas con objeto de situarlas en el punto mas bajo.

4.6.3 El Robot girara 90º con objeto de posicionarse en la trayectoria.

4.6.4 El Robot se desplazará 3,6 rotaciones con objeto de posicionarse en el punto de partida.

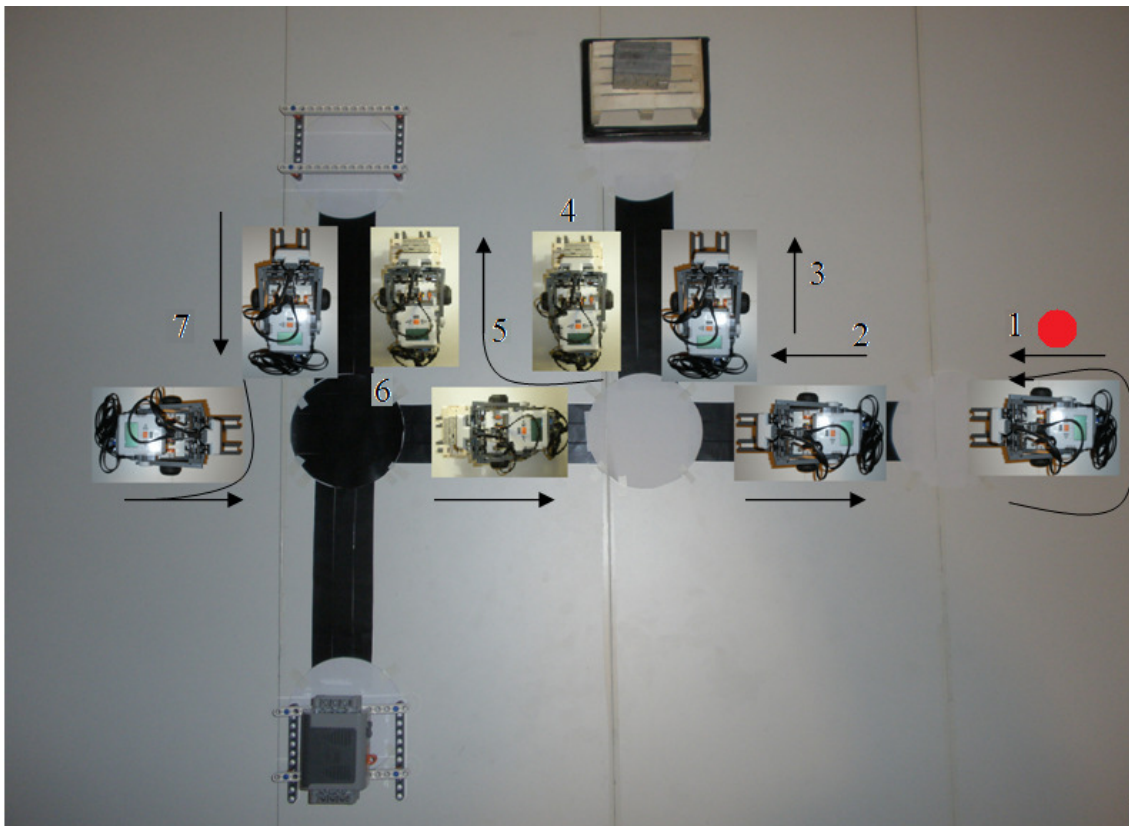
4.6.5 Se ejecuta un giro de  $180^\circ$  con objeto de finalizar su posicionamiento.

5. Finalmente el Robot activara de nuevo el Servomotor encargado de subir y bajar las horquillas con objeto de posicionarlas en el estado inicial.

6. Indicara con una señal de Audio la finalización del Programa.

## D) Funcionamiento

A continuación, de forma grafica y detallando cada paso, se explica el funcionamiento del Robot-Usuario-Entorno



*Fig.( 5.4.2.D.1):Esquema de funcionamiento cuando la base es negra(indica que se puede dejar el Item en la referencia derecha).*

1. Punto inicial, estado parado.
2. Tras ordenar al Robot la posible llegada de material, comienza su avance una distancia calculada hasta la base Blanca.
3. El Robot gira  $90^\circ$ , con el Sensor de Ultrasonidos verifica la llegada de material con una señal de Audio. Si ha llegado, avanza y recoge el Palet.
4. Con el Palet, se desplazará hacia atrás la misma distancia que había avanzado para llegar al Palet.

5. De nuevo gira  $90^\circ$ , se posiciona en la trayectoria determinada y avanza hasta la siguiente base.
6. Tras llegar a la base y determinar con el Sensor de Luz que la estantería Izquierda esta ocupada (si detecta negro). El Robot ejecuta un giro de  $90^\circ$  puesto que la estantería Derecha esta vacía y avanza hasta depositar el Palet en la estantería
7. Una vez depositado el Palet, el Robot se desplazará hacia atrás la misma distancia que ha avanzado (una rotación) para depositar el Palet. Se ejecuta un giro de  $90^\circ$  y se posiciona sobre el trayecto. Finalmente avanzara una distancia calculada hasta el inicio del ejercicio junto con un giro de  $360^\circ$  al llegar al final de dicho recorrido con objeto de posicionarse y lo indicara con una señal de Audio.

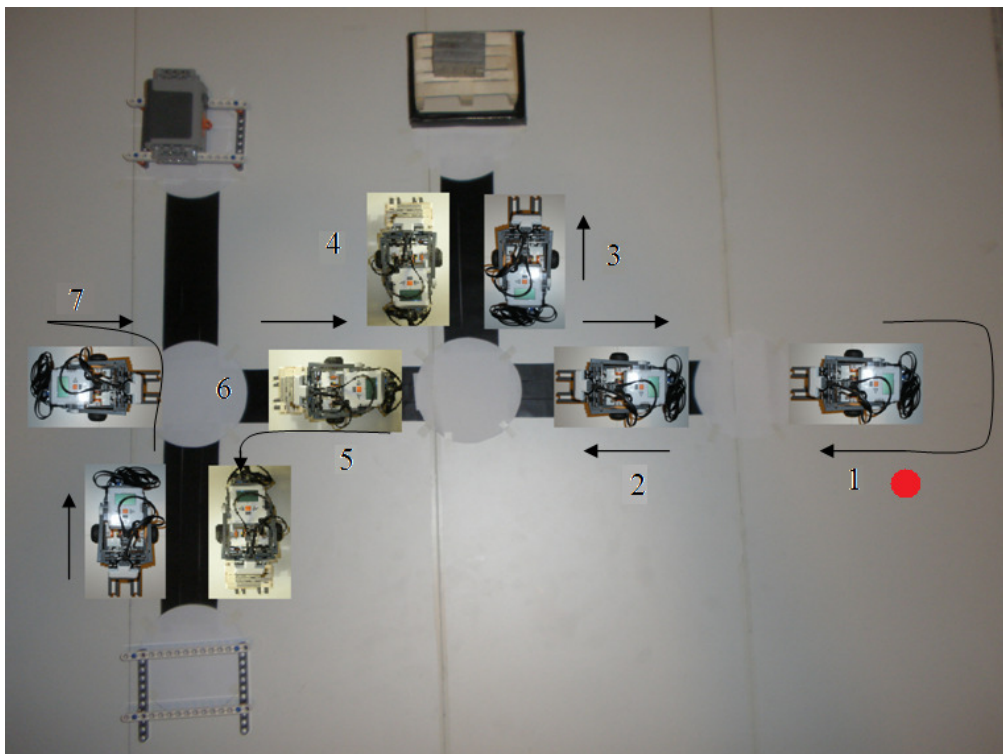


Fig.( 5.4.2.D.2): Esquema de funcionamiento cuando la base es blanca (indica que se puede dejar el Item en la referencia izquierda).

1. Punto inicial, estado parado.
2. Tras ordenar al Robot la posible llegada de material, comienza su avance una distancia calculada hasta la base Blanca.
3. El Robot gira  $90^\circ$ , con el Sensor de Ultrasonidos verifica la llegada de material con una señal de Audio. Si ha llegado, avanza y recoge el Palet.
4. Con el Palet, se moverá hacia atrás la misma distancia que había avanzado para llegar al Palet.

5. De nuevo gira 90°, se posiciona en la trayectoria determinada y avanza hasta la siguiente base.
6. Tras llegar a la base y determinar con el Sensor de Luz que la estantería derecha esta ocupada( si detecta Blanco). El Robot ejecuta un giro de 90° puesto que la estantería Izquierda esta vacía y avanza hasta depositar el Palet en la estantería
7. Una vez depositado el Palet, el Robot se desplazará hacia atrás la misma distancia que ha avanzado para depositar el Palet. Se ejecuta un giro de 90° y se posiciona sobre el trayecto. Finalmente avanzará una distancia calculada hasta el inicio del ejercicio junto con un giro de 360° al llegar al final de dicho recorrido con objeto de posicionarse y lo indicara con una señal de Audio.

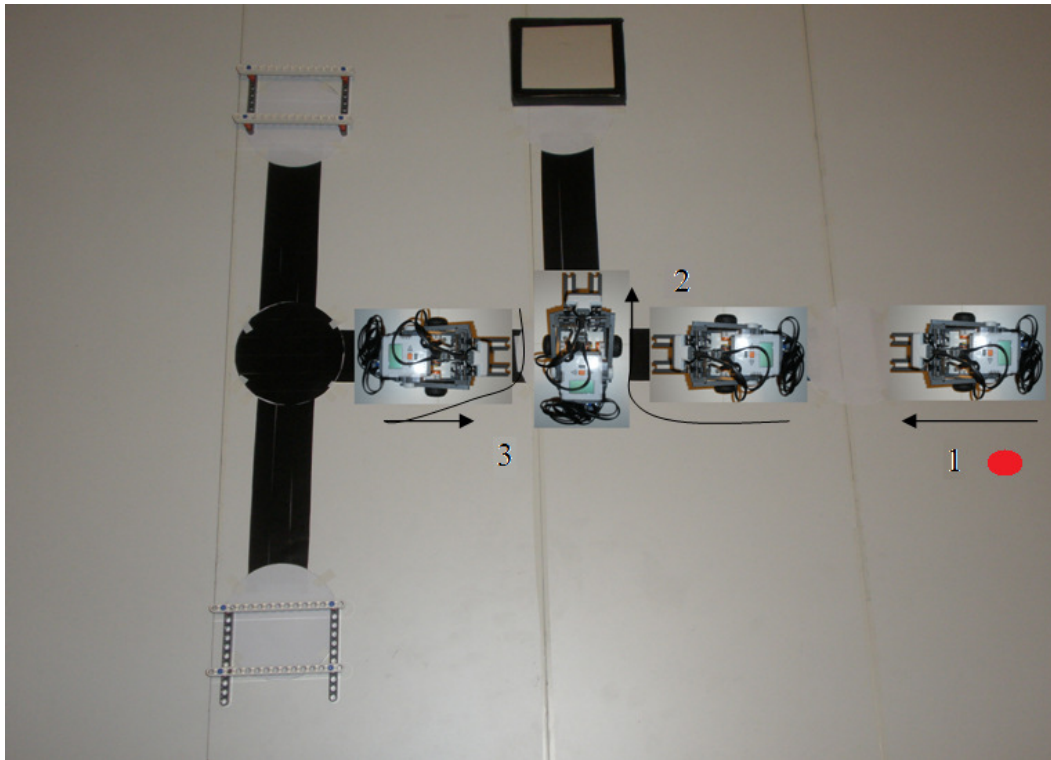


Fig.( 5.4.2.D.3): Esquema cuando no hay Item, en la entrada de material.

1. Punto inicial, estado parado.
2. Tras ordenar al Robot la posible llegada de material, comienza su avance una distancia calculada hasta la base Blanca.
3. El Robot gira 90°, con el Sensor de Ultrasonidos verifica la llegada de material con una señal de Audio. Al no haber llegado, gira de nuevo 90° y se posiciona sobre la trayectoria. Finalmente avanza y se posiciona en el punto de inicio.



## 5.5 QUINTO MONTAJE: PUENTE GRÚA.

En este último montaje se va a simular un puente grúa, el objeto del Montaje es mostrar la capacidad de diversificación de LegoMindStorms pudiendo simular gran variedad de Estructuras Mecánicas usadas en el día a día.

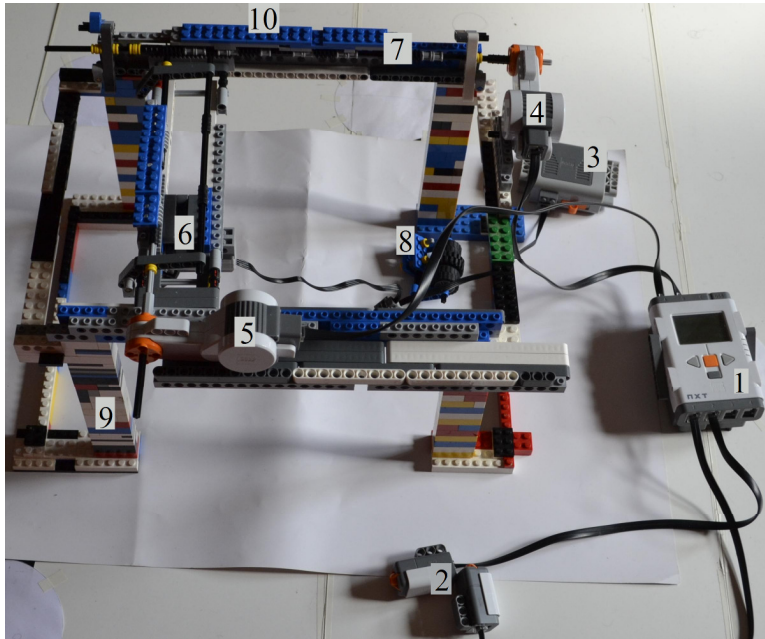


Fig.( 5.5): Quinto montaje .

1. Bloque NXT.
2. Sensores de Tacto, pulsadores para el manejo del sentido deseado de los motores longitudinales/transversales de la grúa.
3. Mando para subir/bajar la grúa.
4. Motor longitudinal.
5. Motor Transversal
6. Carro transversal movimiento comunicado con Engranajes Sin fin y cremallera.
7. Carro longitudinal, movimiento comunicado con Engranajes Sin fin y cremallera.
8. Carga a transportar.
9. Pilares del Puente Grúa.
10. Tope Superior, con el objeto de ejercer presión sobre los engranajes Sin Fin y así estén ajustados a la cremallera.

### 5.5.1 OBJETIVOS DEL MONTAJE

#### A. Objetivos específicos del montaje

- Viendo el funcionamiento de un puente grúa y sus distintas partes, simular dicha estructura con los elementos de los que se dispone con LegoMindStorms.
- Mostrar la capacidad de diversificación de este producto y con ello su ilimitado campo para la educación.

#### B. Aplicaciones en el ámbito docente

- Demostrar la capacidad de aprendizaje obtenida con los anteriores montajes, construyendo un puente grúa, dando, únicamente imágenes y videos de su funcionamiento.
- Simular el manejo de un puente grúa, utilizando los sensores como mando.

### 5.5.2 CONSTRUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

#### A) Diseño del montaje

##### A.1 Problemas encontrados. Soluciones implementadas.

Al montar los pilares sobre los que sostenemos las guías. Como problema se observa que no se dispone de las piezas necesarias en el Kit LegoMindStorms para su montaje.

**Como Solución**, se utilizan piezas de otra línea de productos de Lego, puesto que toda su gama de productos tiene en común su principio de unión. Con ello se montan los pilares y se consigue elevar el Puente grúa para su simulación.

El Kit LegoMindStorm trae un motor que funciona con un pulsador conectado a este, en el montaje se va a utilizar para subir el Gancho. Como problema se observa que el movimiento del motor es fijo y no se puede variar la potencia que se suministra, lo que ocasiona una velocidad de desplazamiento alta y posibles choques.

**Como solución**, se opta por utilizarlo con cuidado para no dañar la estructura.

Como problema, al moverse el carro longitudinal se observa una inclinación en el movimiento de la guía transversal, es causado por que solo comunica movimiento una de las guías longitudinales mientras que en la otra guía longitudinal, la guía transversal es arrastrada.

**La solución** encontrada, se haya en adquirir mas engranajes sin fin con el objeto de hacer una guía totalmente simétrica a la existente y con ello eliminar este problema ( en el actual Kit no se dispone de mas engranajes Sin Fin).



## B) Montaje

### B.1 Piezas utilizadas.

El siguiente montaje se va a dividir en tres conjuntos:

Las piezas del primer conjunto, guías para el movimiento longitudinal, son las siguientes:



Fig.( 5.5.2.B.B1.1): Piezas para el montaje de la parte longitudinal.

Las piezas del segundo conjunto, guías para el movimiento transversal y grúa, son las siguientes:

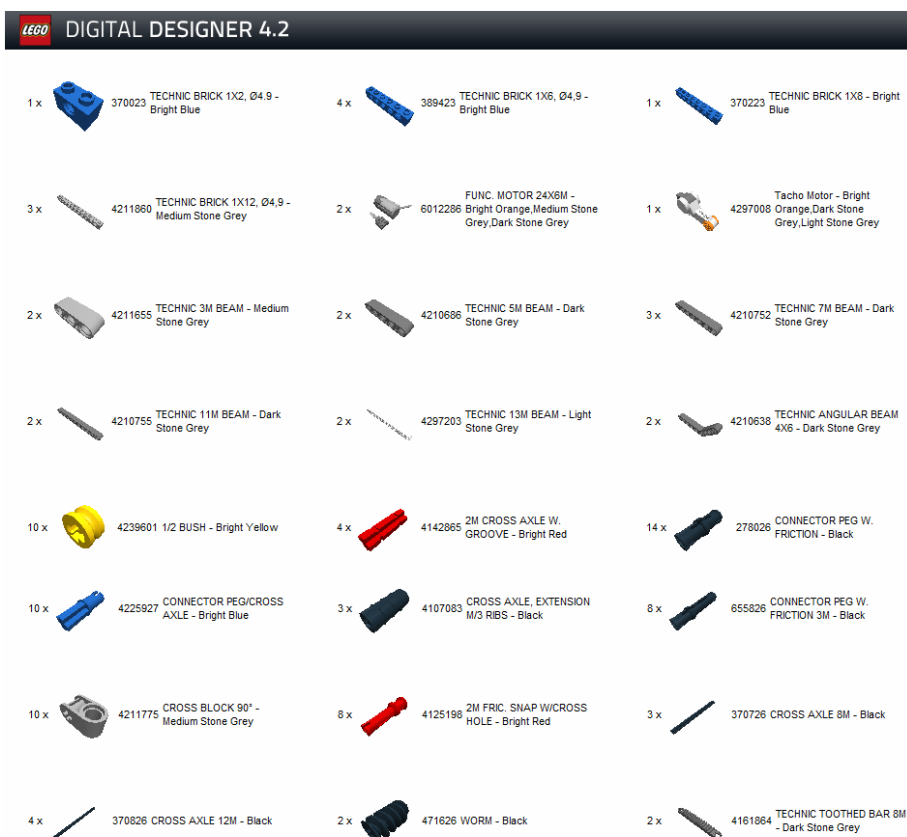


Fig.( 5.5.2.B.B1.2 ): Piezas para el montaje de la parte transversal.

Las piezas del tercer conjunto, pilares y Bloque NXT con sensores, son las siguientes:

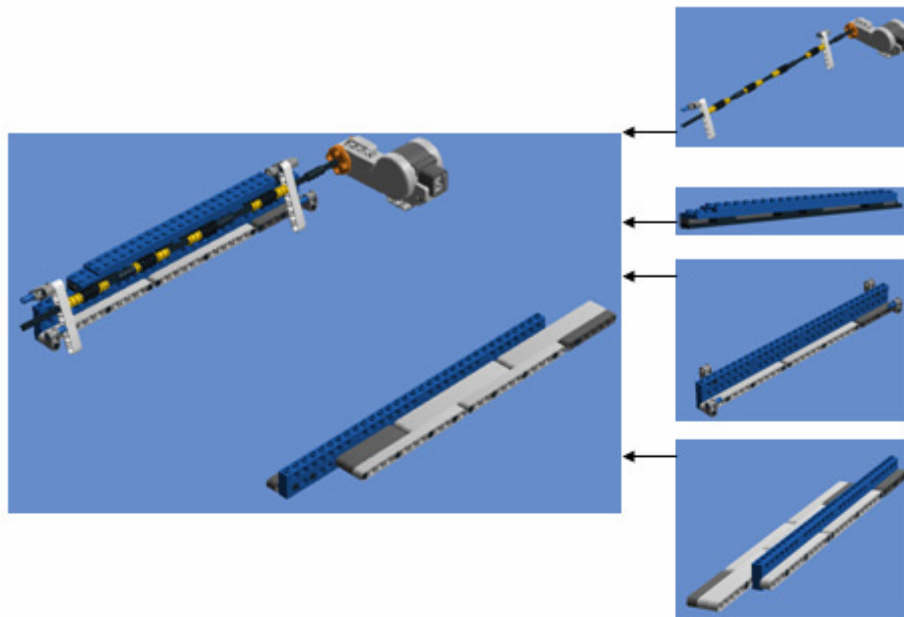


Fig.( 5.5.2.B.B1.3 ): Piezas para el montaje de los pilares y los mandos de control.

## B.2. Ensamblaje.

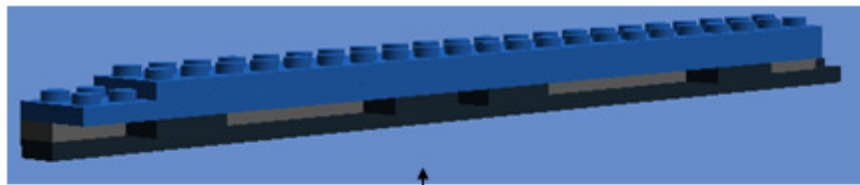
Tras escoger las piezas que van a formar parte de nuestro ingenio mecánico, damos paso al montaje:

Primera parte del montaje, ensamblaje de la guía longitudinal y servomotor que comunica el movimiento:

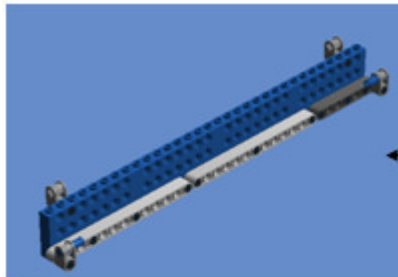


1 x		4297008	Tacho Motor - Bright Orange,Dark Stone Grey ,Light Stone Grey	1 x		370626	CROSS AXLE 6M - Black
2 x		4211655	TECHNIC 3M BEAM - Medium Stone Grey	3 x		370826	CROSS AXLE 12M - Black
2 x		4142969	TECHNIC 7M BEAM - White	4 x		471626	WORM - Black
17 x		4239601	1/2 BUSH - Bright Yellow	3 x		4107083	CROSS AXLE, EXTENSION M/3 RIBS - Black
2 x		278026	CONNECTOR PEG W. FRICTION - Black	2 x		4225927	CONNECTOR PEG/CROSS AXLE - Bright Blue

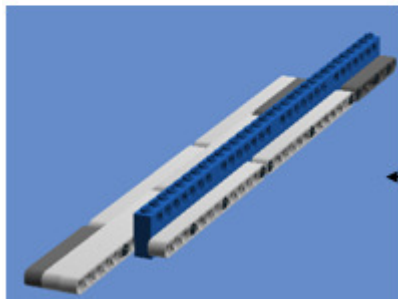
Fig.( 5.5.2.B.B2.1 ):Ensamblaje de las guías longitudinales.



1 x		4211399	PLATE 1X1 - Medium Stone Grey	1 x		366626	PLATE 1X6 - Black
8 x		302326	PLATE 1X2 - Black	6 x		302023	PLATE 2X4 - Bright Blue
2 x		4211063	PLATE 1X2 - Dark Stone Grey	2 x		447726	PLATE 1X10 - Black
4 x		4211133	PLATE 1X3 - Dark Stone Grey	1 x		379523	PLATE 2X6 - Bright Blue
2 x		303423	PLATE 2X8 - Bright Blue				



12 x		370223	TECHNIC BRICK 1X8 - Bright Blue
1 x		4210752	TECHNIC 7M BEAM - Dark Stone Grey
2 x		4297203	TECHNIC 13M BEAM - Light Stone Grey
13 x		278026	CONNECTOR PEG W. FRICTION - Black
2 x		4225927	CONNECTOR PEG/CROSS AXLE - Bright Blue
4 x		4211775	CROSS BLOCK 90° - Medium Stone Grey








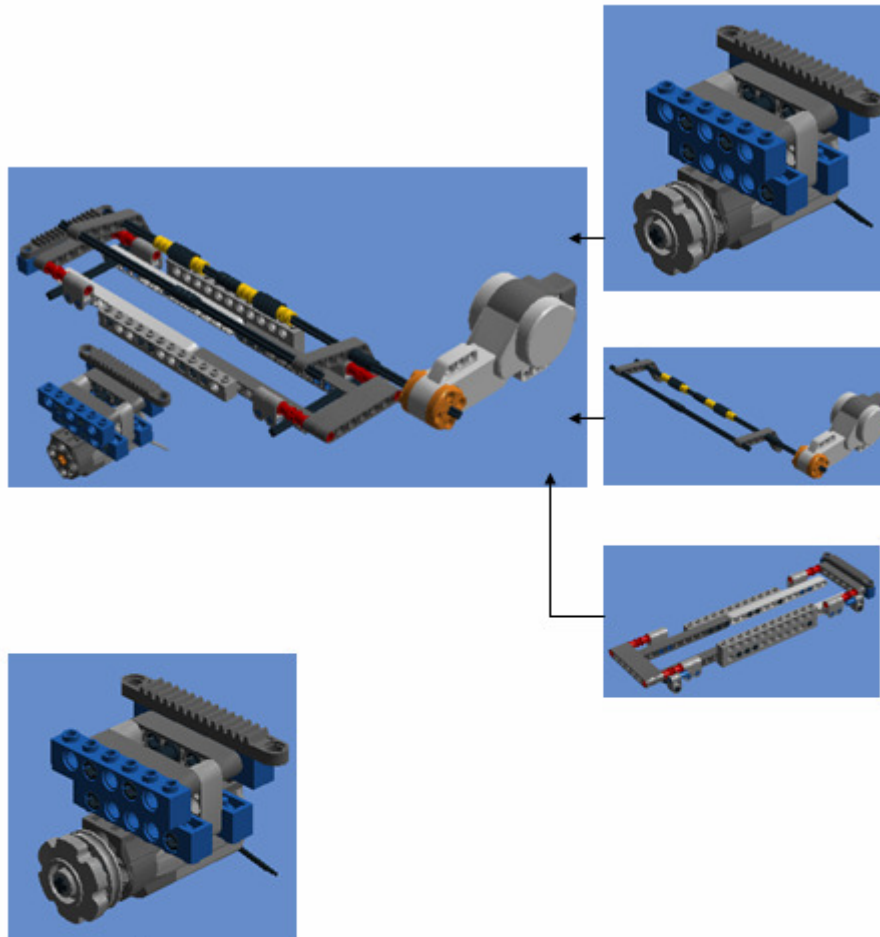
15 x		655826	CONNECTOR PEG W. FRICTION 3M - Black
8 x		370223	TECHNIC BRICK 1X8 - Bright Blue
4 x		4210752	TECHNIC 7M BEAM - Dark Stone Grey
8 x		4297203	TECHNIC 13M BEAM - Light Stone Grey
9 x		278026	CONNECTOR PEG W. FRICTION - Black

Fig.( 5.5.2.B.B2.2 ):Ensamblaje de las guías longitudinales.

Segunda parte del montaje, ensamblaje de la guía transversal y grúa con motor que le comunica el movimiento:

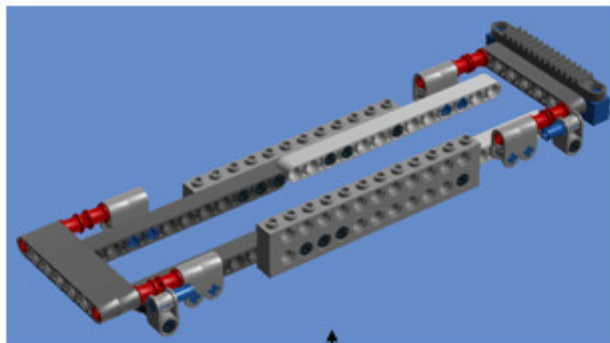


1 x		370023	TECHNIC BRICK 1X2, Ø4.9 - Bright Blue	1 x		451926	CROSS AXLE 3M - Black
4 x		389423	TECHNIC BRICK 1X5, Ø4.9 - Bright Blue	6 x		655826	CONNECTOR PEG W. FRICTION 3M - Black
2 x		4506083	FUNC. MOTOR 24X5M - Black, Bright Orange, Medium Stone Grey, Dark Stone Grey	1 x		4211544	WEDGE-BELT WHEEL Ø24 - Medium Stone Grey
2 x		4211655	TECHNIC 3M BEAM - Medium Stone Grey	1 x		4161864	TECHNIC TOOTHED BAR 8M - Dark Stone Grey
2 x		4210686	TECHNIC 5M BEAM - Dark Stone Grey	1 x		4546780	Sprocket, ø25.8 - Silver Metallic
4 x		278026	CONNECTOR PEG W. FRICTION - Black				

Fig.( 5.5.2.B.B2.3 ): Ensamblaje de la guía transversal.



1 x		4297008	Tacho Motor - Bright Orange, Dark Stone Grey, Light Stone Grey	1 x		370726	CROSS AXLE 8M - Black
2 x		4210638	TECHNIC ANGULAR BEAM 4X6 - Dark Stone Grey	4 x		370826	CROSS AXLE 12M - Black
10 x		4239601	1/2 BUSH - Bright Yellow	2 x		471626	WORM - Black
3 x		4107083	CROSS AXLE, EXTENSION M/3 RIBS - Black				



1 x		370223	TECHNIC BRICK 1X6 - Bright Blue	10 x		4225927	CONNECTOR PEG/CROSS AXLE - Bright Blue
3 x		4211860	TECHNIC BRICK 1X12, Ø4,9 - Medium Stone Grey	2 x		655826	CONNECTOR PEG W. FRICTION 3M - Black
3 x		4210752	TECHNIC 7M BEAM - Dark Stone Grey	10 x		4211775	CROSS BLOCK 90° - Medium Stone Grey
2 x		4210755	TECHNIC 11M BEAM - Dark Stone Grey	8 x		4125196	2M FRIC. SNAP W/CROSS HOLE - Bright Red
2 x		4297203	TECHNIC 13M BEAM - Light Stone Grey	1 x		4161864	TECHNIC TOOTHED BAR 8M - Dark Stone Grey
4 x		4142865	2M CROSS AXLE W. GROOVE - Bright Red	10 x		278026	CONNECTOR PEG W. FRICTION - Black

Fig.( 5.5.2.B.B2.4 ): Ensamblaje de la guía transversal.



Tercera parte, ensamblaje del conjunto final:

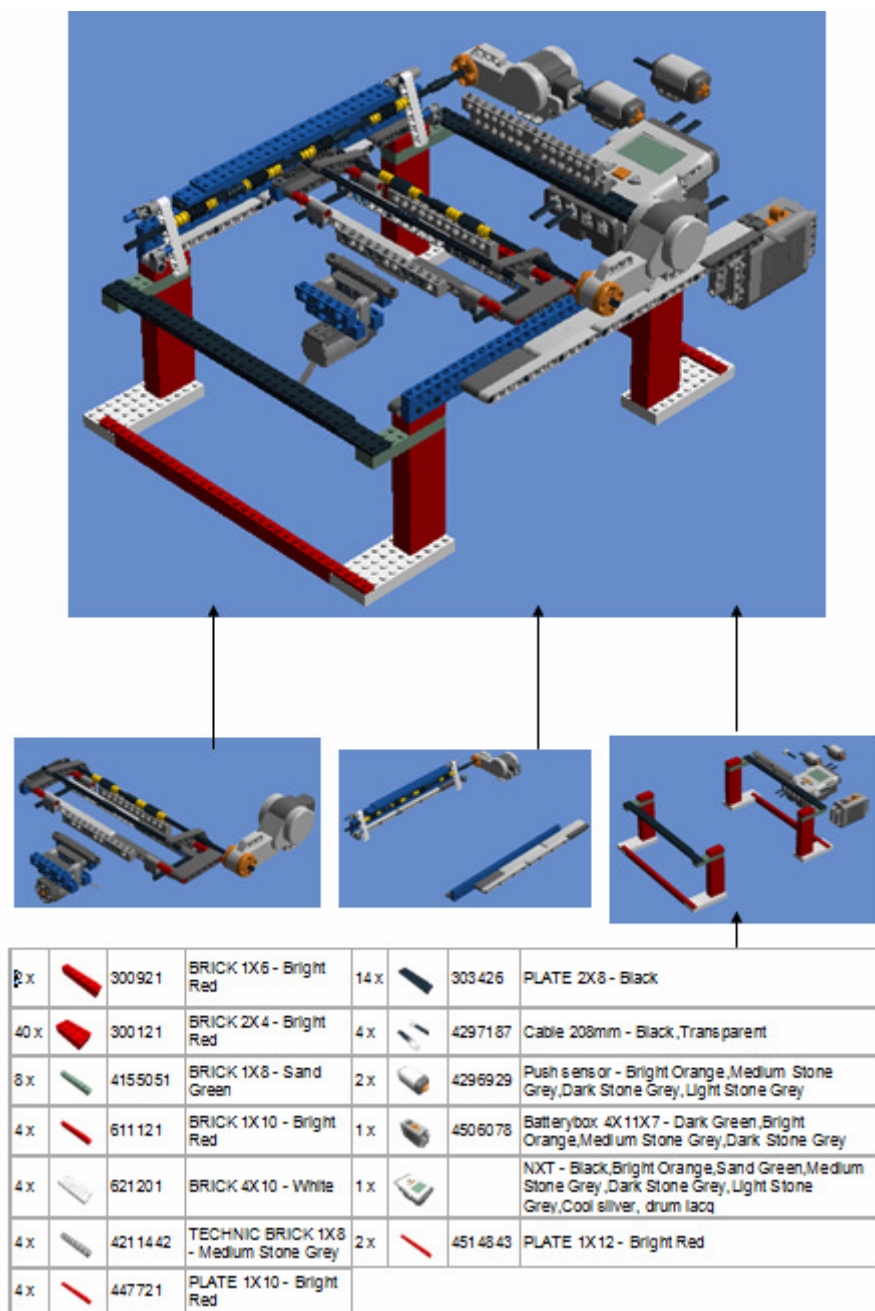


Fig.( 5.5.2.B.B2.5 ): Ensamblaje de los pilares y conjunto final.

### B3. Dimensiones

Cotas expresadas en milímetros.

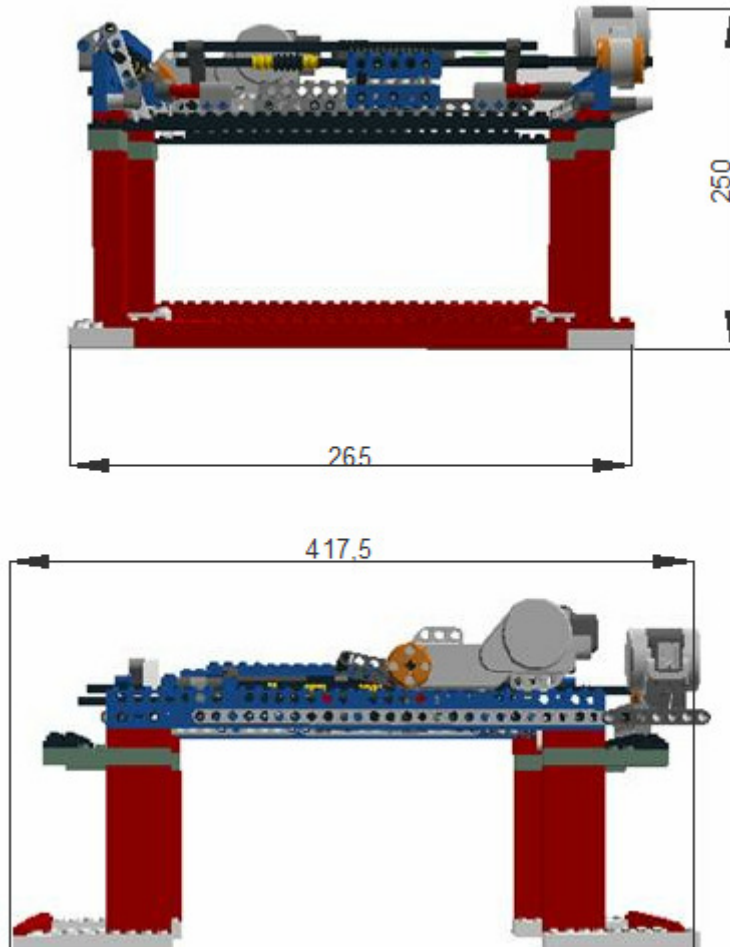


Fig.( 5.5.2.B.B3 ): Dimensiones quinto montaje.

Largo (417,5 mm.) x Ancho (265 mm.) x Alto (250 mm.)

### C) Programación

Tras completar el montaje del Ingenio Mecánico, damos paso a mostrar la programación, diseñada con objeto de cumplir con los Objetivos inicialmente señalados.

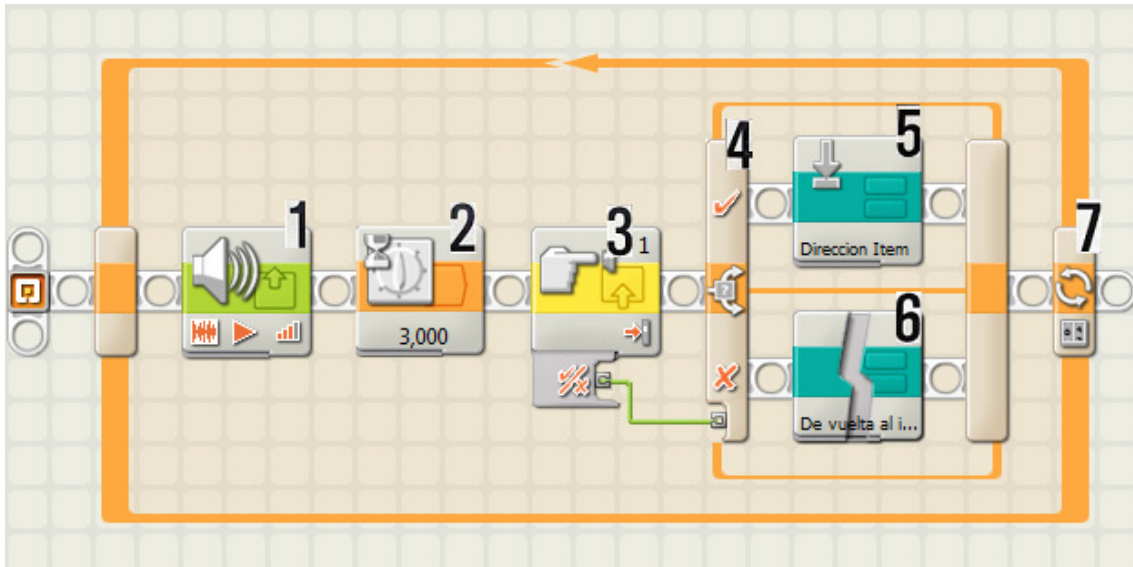


Fig.( 5.5.2.C ): Programa principal del Quinto Montaje.

1. Indicamos el comienzo del programa con una señal de Audio.
2. Introducimos un bloque de espera de 3 segundos.
3. Con un bloque Sensor de Tacto, se decide cual es el camino a escoger.
4. Si la señal dada por el Bloque Sensor de Tacto envía una señal de carácter "True", escogerá el camino marcado como "5". Si envía una señal de carácter "False", escogerá el camino marcado como "6".
5. En este bloque función llamado "Dirección Item", manejaremos el puente grúa hasta llegar al Item



Fig.(5.5.2.C.5 ): Bloque "dirección Item".

- 5.1 Con una señal de Audio se Indica que camino se ha escogido.
- 5.2 Introducimos un bloque de espera de 3 segundos.

5.3 Con una señal de Audio se Indica que va a empezar el Bloque Función “4”.

5.4 En este Bloque Función llamado “Activa longitudinal”, se dispone a mover el carro longitudinal, si es necesario.

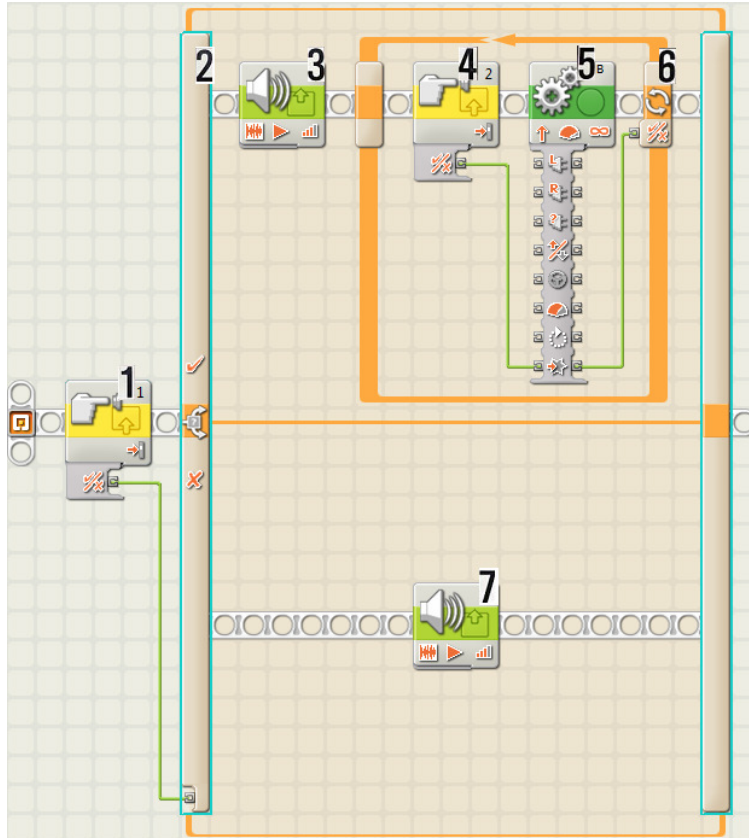


Fig.(5.5.2.C.5.4 ): Bloque función movimiento guía longitudinal.

5.4.1 Con este bloque Sensor de Tacto (Sensor Número 1), enviamos una señal lógica al siguiente bloque con objeto de escoger un camino.

5.4.2 Si la señal enviada por el Bloque Sensor de Tacto es “True”, se escoge el camino (superior) que tiene por objeto mover el carro longitudinal hasta la posición deseada. Si la señal enviada ha sido “False”, se escoge el camino (inferior) que tiene por objeto indicar con una señal de Audio que no queremos mover el carro longitudinal.

5.4.3 Con una señal de Audio, se indica que hemos escogido el camino que tiene por objeto mover el carro longitudinal.

5.4.4 El Bloque Sensor de Tacto (Sensor Número 2), mandara una señal lógica con objeto de cesar el movimiento del carro longitudinal.

5.4.5 Con este Bloque Motor, se indica al Servomotor que transmita el 90% de la potencia, con objeto de mover el carro longitudinal. Cuando se Pulse el Sensor de Tacto, el Bloque motor activara su próxima acción

programada como Freno. Con ello cesara el movimiento del carro longitudinal.

5.4.6 Con este Bloque Bucle, se indica que el carro longitudinal avanzara hasta que el Sensor de Tacto sea pulsado.

5.4.7 Con una señal de Audio, se indica que no se requiere el movimiento del carro longitudinal.

5.5 Con una Señal de Audio, se indica que ha finalizado la Función “activa longitudinal”.

5.6 Introducimos un bloque de espera de 3 segundos.

5.7 En este Bloque Función llamado “Activa transversal”, se dispone a mover el carro transversal, si es necesario.

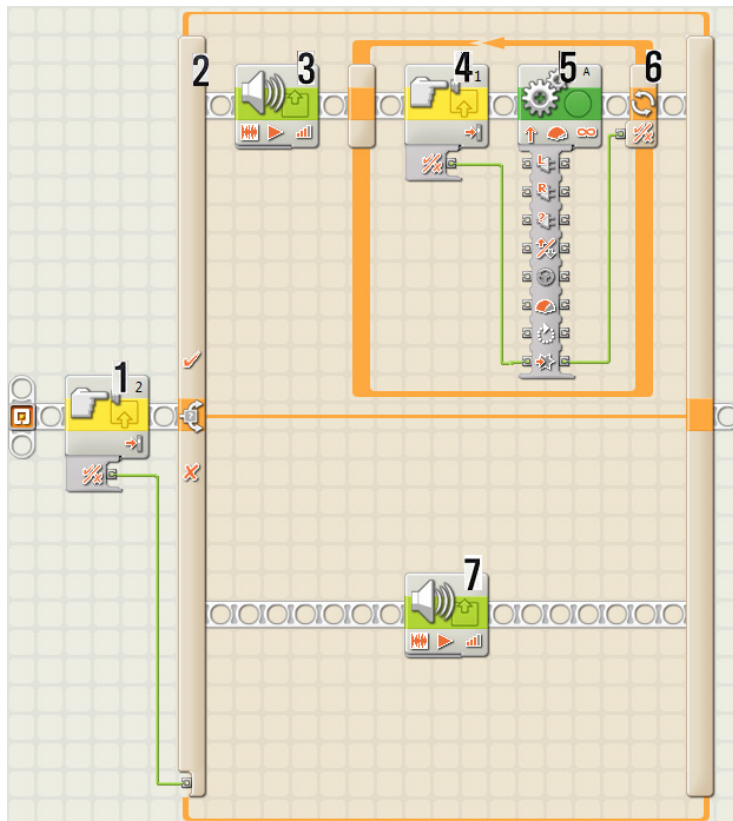


Fig.(5.5.2.C.5.7 ): Bloque Función movimiento guía transversal.

5.7.1 Con este bloque Sensor de Tacto (Sensor número 2), enviamos una señal lógica al siguiente bloque con objeto de escoger un camino.

5.7.2 Si la señal enviada por el Bloque Sensor de Tacto es “True”, se escoge el camino (superior) que tiene por objeto mover el carro transversal hasta la posición deseada. Si la señal enviada ha sido “False”, se

escoge el camino (inferior) que tiene por objeto indicar con una señal de Audio que no queremos mover el carro transversal.

5.7.3 Con una señal de Audio, se indica que hemos escogido el camino que tiene por objeto mover el carro transversal.

5.7.4 El Bloque Sensor de Tacto (Sensor Número 1), mandara una señal lógica con objeto de cesar el movimiento del carro transversal.

5.7.5 Con este Bloque Motor, se indica al Servomotor que transmita el 90% de la potencia, con objeto de mover el carro transversal. Cuando se Pulse el Sensor de Tacto, el Bloque motor activara su próxima acción programada como Freno. Con ello cesara el movimiento del carro transversal.

5.7.6 Con este Bloque Bucle, se indica que el carro transversal avanzara hasta que el Sensor de Tacto sea pulsado.

5.7.7 Con una señal de Audio, se indica que no se requiere el movimiento del carro transversal.

6. Con este Bloque Función llamado “ De vuelta Inicio”, manejaremos el punte grúa con objeto de ir a la posición inicial con el Item.



Fig.(5.5.2.C.6 ): Bloque Función con el Item.

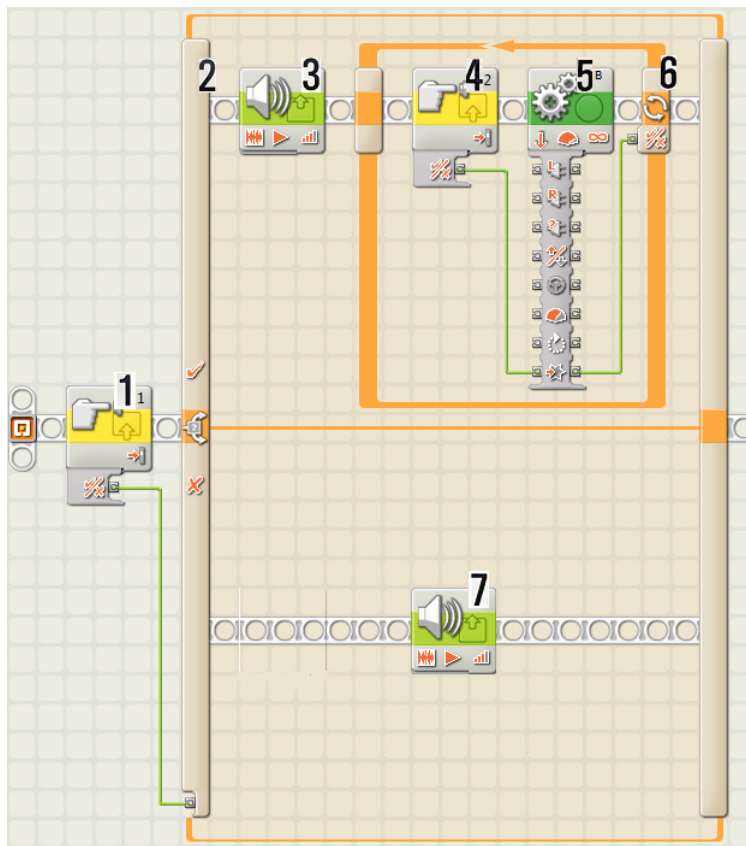
6.1 Con una señal de Audio se Indica que camino se ha escogido.

6.2 Introducimos un bloque de espera de 3 segundos.

6.3 Con una señal de Audio se Indica que va a empezar el Bloque Función “4”.

6.4 En este Bloque Función llamado “Activa longitudinal”, se dispone a mover el carro longitudinal, si es necesario.





*Fig.(5.5.2.C.6.4 ): Bloque Función movimiento de la guía longitudinal.*

- 6.4.1 En esta función se repite el mismo movimiento que en el Bloque “5.4”, con la única diferencia de que el punto número “5” se mueve en dirección opuesta.
- 6.5 Con una Señal de Audio, se indica que ha finalizado la Función “activa longitudinal”.
- 6.6 Introducimos un bloque de espera de 3 segundos.
- 6.7 En este Bloque Función llamado “Activa transversal”, se dispone a mover el carro transversal, si es necesario.

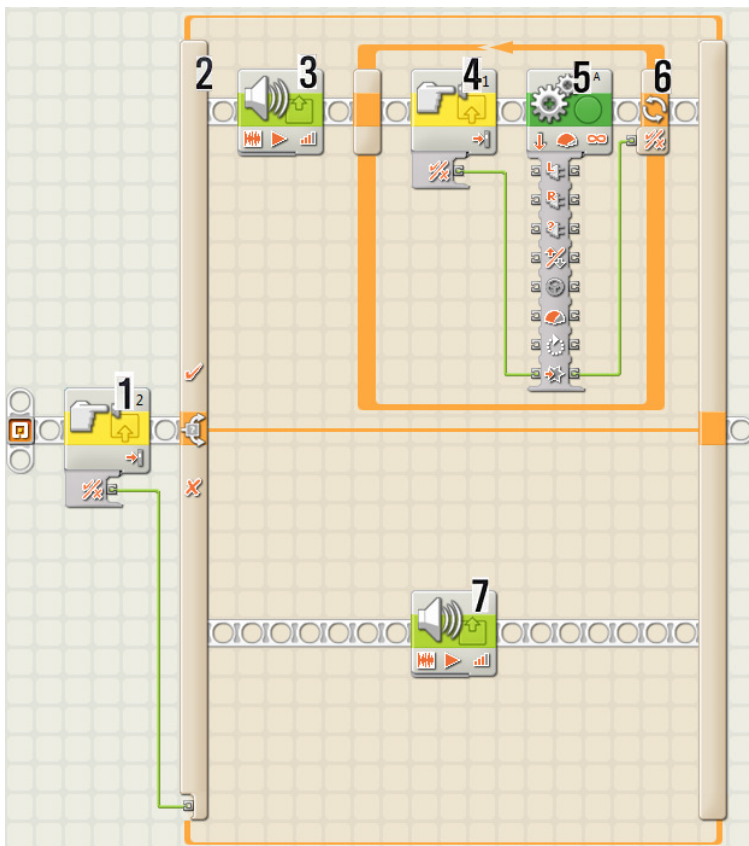


Fig.(5.5.2.C.6.7) : Bloque Función movimiento de la guía transversal.

**6.7.1** En esta función se repite el mismo movimiento que en el Bloque “5.7”, con la única diferencia de que el punto número “5” se mueve en dirección opuesta.

**7.** En el punto final se indica las veces que se va a repetir el bucle, con un contador.

## D) Funcionamiento

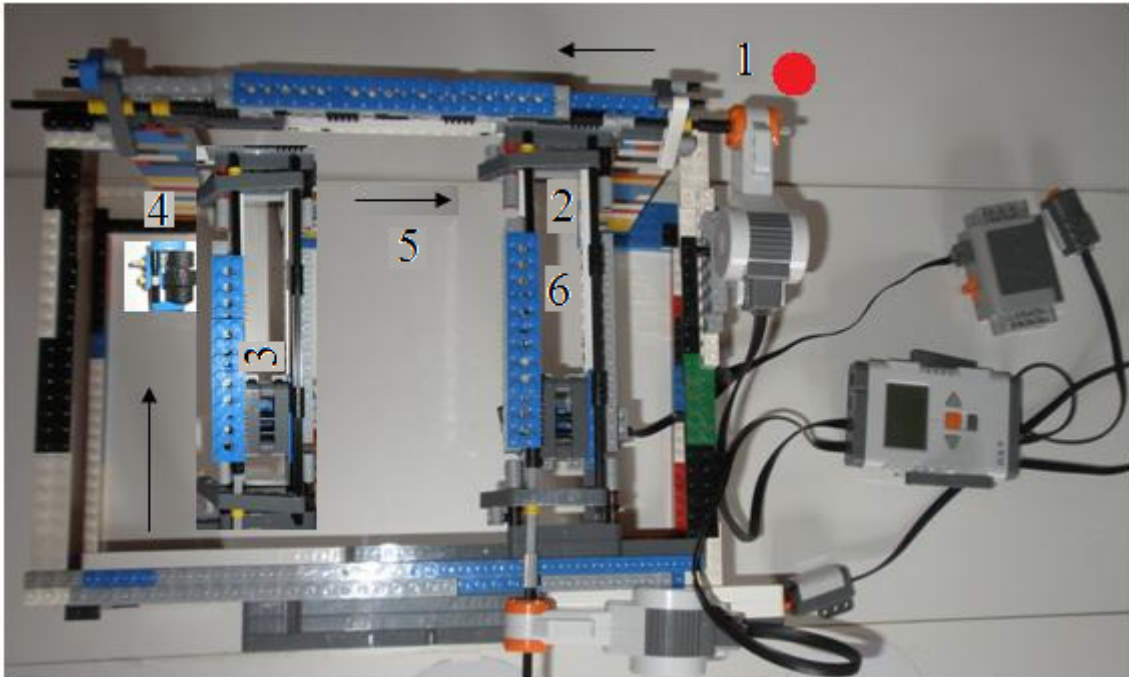


Fig.( 5.5.2.D): Funcionamiento del Quinto montaje .

1. Posición inicial, pulsamos el Sensor de tacto número 1 con objeto de activar la función que llevara a la grúa hasta el Item, el usuario decidirá donde parara cada guía. Se activa el motor en sentido antihorario (con el Sensor de tacto Numero 1), con objeto de comunicar movimiento a los engranajes Sin Fin.
2. Se inicia un desplazamiento hacia la izquierda con objeto de posicionarse sobre el Objetivo.
3. Al estar a la altura del Item (movimiento longitudinal anulado pulsando el Sensor de tacto Número 2), se activará el motor que transmite movimiento a los engranajes Sin Fin de la guía transversal( al activar el Sensor de Tacto número 2).
4. Al estar sobre el Item (movimiento transversal anulado pulsando el Sensor de tacto Número 1), se baja la grúa (con el pulsador), se fija la carga y se Sube la grúa (con el pulsador).
5. En este punto se desea volver al estado inicial, con ello no pulsamos ningún Sensor y automáticamente se activara la rutina de vuelta. Se activa el motor en sentido horario (con el Sensor de tacto Numero 1), con objeto de comunicar movimiento a los engranajes Sin Fin.
6. Al estar a la altura del objetivo (movimiento longitudinal anulado pulsando el Sensor de tacto Número 2), se activará el motor que transmite movimiento a

los engranajes Sin Fin de la guía transversal (al activar el Sensor de Tacto número 2). Al estar sobre el objetivo (movimiento transversal anulado pulsando el Sensor de tacto Número 1), se baja la grúa (con el pulsador) y se deposita la carga en la posición inicial. Pulsamos el botón inferior del Bloque NXT (botón de Paro), con objeto de finalizar el programa.

## 6. RESULTADOS

### A) Conclusiones sobre los resultados obtenidos.

En este apartado se detallan las conclusiones obtenidas tras cada montaje.

- En el transcurso de cada montaje, se observa su gran aplicación al campo docente, en Ingeniería Mecánica (calculos de modelos cinematicos, calculo de cargas en poleas, elasticidad y resistencia de materiales...) y en el campo de la Automatización (al ser un software libre y adaptable a Programas como Labview).

Se puede obtener así, un Aprendizaje tanto teórico como práctico aportando Valor a los usuarios que experimentan este producto. **Y todo ello con un coste económico Muy Bajo.**

- Con el Kit inicial disponemos de pocos sensores, aunque como se ha demostrado con solo estos 4 tipos de sensores (luminosidad, sonido, ultrasonidos y tacto) se puede llegar a plantear un amplio abanico de situaciones que nos rodean día a día.
- Es posible optimizar el Kit, tanto en precisión (adquiriendo nuevos sensores de un amplio abanico de fabricantes) como en la posibilidad de realizar programas aún más complejos (utilizando Software como labview,etc.)
- Tras todo el trabajo realizado, se demuestra la veracidad del aprendizaje por descubrimiento. Hecho que se ha demostrado a lo largo de todos los montajes, tras la realización de cada uno de ellos se han creado nuevas ideas, entrando en un ciclo de Innovación.

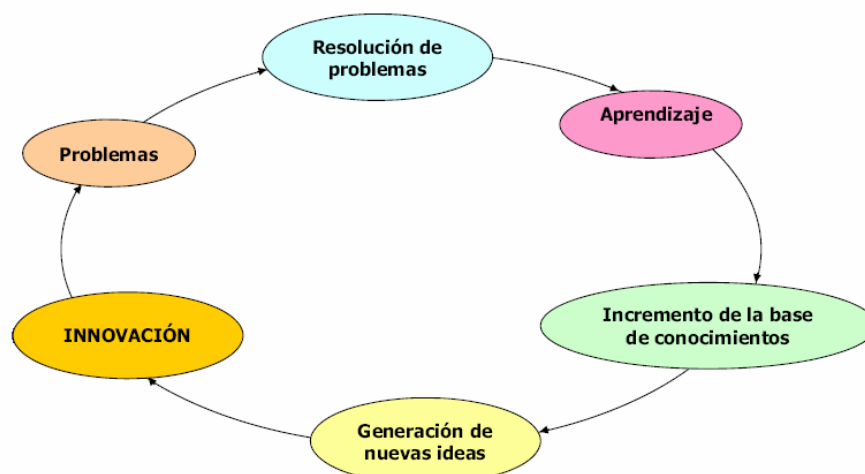


Fig. (6.A): Ciclo de la evolución del Proyecto, Aprendizaje por descubrimiento.

**B) Conclusiones personales**

En el ámbito personal, he disfrutado llevando a cabo este proyecto ampliando mis conocimientos y mis inquietudes en el campo de la Automatización.

Viendo también la aplicación de este producto en Materias de Ingeniería como pueden ser Estructuras, Teoría de mecanismos, etc , destacando su facilidad de montaje, junto con la posibilidad de utilizar Software libre para su configuración y todo ello con un gasto económico muy bajo.

Agradecer la flexibilidad que he tenido en este proyecto y la posibilidad de tener El Kit LegoMindStorm durante todo el desarrollo de proyecto.



## **7. BIBLIOGRAFÍA**

### **PÁGINAS WEB CONSULTADAS:**

- [1] **Manual básico de elementos estructurales y otros.**  
<http://www.ier-unab.cl/home/capacit/doc/manual-completo.pdf>  
Consulta en 2011
- [2] **Web de Robótica Educativa.**  
[http://ro-botica.com/LEGO\\_ciudad\\_ecologica.asp](http://ro-botica.com/LEGO_ciudad_ecologica.asp)  
Consulta de 2011
- [3] **Pagina Web Oficial de LEGO .**  
<http://www.lego.com/en-gb/default.aspx>  
Consulta en 2011.
- [4] **Consulta de definiciones.**  
[www.rae.es/](http://www.rae.es/)  
Consulta en 2011.
- [5] **Web de Robótica Educativa.**  
[http://complubot.educa.madrid.org/pruebas/lego\\_nxt\\_version\\_educativa/lego\\_nxt\\_version\\_educativa\\_index.php](http://complubot.educa.madrid.org/pruebas/lego_nxt_version_educativa/lego_nxt_version_educativa_index.php) . Consulta en 2012
- [6] **Web de Robótica Educativa, introducción a la Robótica de Lego**  
[.http://ladrillikos.wikidot.com/descripcion-de-lego-mindstorms](http://ladrillikos.wikidot.com/descripcion-de-lego-mindstorms)  
Consulta en 2011
- [7] **Historia de la Robótica.**  
<http://jjazdanethe16.blogspot.es/1258950780>  
Consulta en 2011.
- [8] **Proyecto EATS, Luís González.**  
<http://eats.wordpress.com/2007/04/09/robotica-con-lego-mindstorms/>  
Consulta en 2012.
- [9] **Projects for NXT 2.0**  
<http://www.nxtprograms.com/projects.html>  
Consulta en 2012.
- [10] **Robotica móvil con Lego Mindstorm.** David Pellicer Martín. Noviembre 2010.  
Consulta en 2012
- [11] **Proyectos con Lego, Colegio San Judas Tadeo, Republica Dominicana**  
<http://aularobotica.blogspot.com/2008/05/robotica-educativa.html>  
Consulta en 2012

[12] **Proyecto de Lego MindStorm.**

<http://hrsbstaff.ednet.ns.ca/mhirtle/Elec%2011%20CPA%20FALL%202011/Apress.LEGO.Mindstorms.NXT.The.Mayan.Adventure.Dec.2006.pdf>. Consulta en 2012

[13] **Foro sobre Lego.**

<http://codigoeon.wordpress.com/2007/02/06/draftrobot-lego-mindstorms-nxt-review/>  
Consulta 2012

[14] **Motivadas por la Ingeniera Mecánica, Artículo por Graciela M.Muñiz Julio de 2009**

<http://www.uprm.edu/news/articles/as2009102.html>  
Consulta en 2012

[15] **Practical Exercises on Lego MindStorm Robots.**

<http://arti.vub.ac.be/cursus/2003-2004/autosys/material/mindstorms/mindstorm.html>.  
Consulta en 2012

[16] **Incorporating Lego MindStorms and the N900.**

<http://talk.maemo.org/showthread.php?t=78139>  
Consulta en 2012

[17] **Distribuidor de Sensores adaptables a Lego MindStorms.**

<http://www.robotica-personal.es/2010/12/ro-botica-distribuidor-oficial-de.html>  
Consulta en 2012.

[18] **Distribuidor de Sensores adaptables a Lego MindStorms.**

[http://mindsensors.com/index.php?module=pagemaster&PAGE\\_user\\_op=view\\_page&PAGE\\_id=97&MMN\\_position=37:37](http://mindsensors.com/index.php?module=pagemaster&PAGE_user_op=view_page&PAGE_id=97&MMN_position=37:37)  
Consulta en 2012

[19] **El buen rumbo de los vehículos guiados.** Antonio Alonso

**LIBROS CONSULTADOS:**

[1] **Ingeniería de la Automatización Industrial.** Modulo de Automatización impartido por Ramón Piedrafita Moreno

[2] **Innovación Tecnológica.** Modulo Máster de Organización Industrial impartido por Antonio Hidalgo